D. XVI 18/5
Coll. C.

L. 6497

5 vols.

120

2 leaves
420 p.p.

Iwi
28 Sw 6
5 Vols
7/may/28

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

TOME TROISIÈME.

Cet ouvrage se trouve à ***PARIS***,

Chez FUCHS, Libraire, rue des Mathurins.

—— HENRICHS, à l'ancienne Librairie de DUPONT, rue de la Loi N°. 1231.

31984

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE,

CONTENANT

Une description des organes des plantes, & une exposition des phénomènes produits par leur organisation;

PAR JEAN SENEBIER,

Membre associé de l'Institut National des sciences & des arts, de plusieurs Académies & Sociétés savantes, & Bibliothécaire à Genève.

TOME TROISIÈME.

A GENÈVE,

Chez J. J. PASCHOUD, Libraire.

S.

WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

SECONDE PARTIE.

SECTION PREMIÈRE.

De la Physiologie végétale en général.

CHAPITRE I.

INTRODUCTION.

J'AI cherché à faire connaître les organes des plantes par leur anatomie & l'analyse de leurs organes, de leurs solides & de leurs fluides connus; mais ces pièces isolées ne peuvent donner une idée de leur ensemble, & par conséquent du tout qu'elles doivent former; il est impossible de bien comprendre leur but & leur usage, que lorsqu'elles sont réunies & mises à leur place, ou lorsqu'on

examine leur influence particulière & leurs modifications réciproques dans la plante elle-même à laquelle elles appartiennent. L'anatomie des végétaux, en détaillant la structure des organes, conduit à la physiologie qui s'occupe de leurs rapports.

Je n'aime point appliquer aux plantes les mots employés pour peindre ce qui est propre à l'économie animale. Les mots font naître les idées, & les idées mal saisies sont une source féconde de nos erreurs. Les idées d'animalité qu'on a eues en étudiant les plantes sont peut-être la cause de la lenteur des progrès qu'on a faits dans la connaissance des végétaux; mais à moins de créer des mots nouveaux, que leur nouveauté seule rend souvent déplaisans, il fallait employer ceux-ci qui sont à la vérité très-généraux & qui peuvent dans leur signification originale s'appliquer indistinctement à tous les corps organisés.

Cette opinion qui n'est pas destituée de probabilité, & qui s'éloigne pourtant beaucoup de celle qui est généralement reçue, devrait peut-être s'examiner ici avec soin; mais il m'a paru que cette recherche serait

plus utilement placée à la fin de cet ouvrage, parce qu'elle y serait accompagnée de toutes ses preuves. Je me bornerai donc dans cette section à parler de la physiologie végétale.

CHAPITRE II.

De la Physiologie végétale.

CE mot peint mieux la science qui s'occupe de l'organisation des plantes & de l'histoire de leurs effets que celui de *physique des plantes* adopté par Duhamel. Le premier doit avoir une acception plus générale que le second.

La *physiologie végétale* recherche l'influence des organes des végétaux sur leur nutrition, leur développement, leur fructification, leur vie; elle considère l'action médiate ou immédiate des substances actives dans ces opérations; elle fait connaître l'économie des plantes dans leur état de santé: en étudiant leurs parties, elle s'applique à découvrir leurs usages; au lieu que la *physique* bornée à l'observation des corps naturels suit les phénomènes placés hors de leurs circonstances naturelles par les combinaisons extraordinaires auxquelles on les soumet pour leur faire indiquer nettement leurs propriétés.

La *physiologie* traite des corps organisés, la *physique* ne s'occupe directement que de ceux qui ne le sont pas, de leurs élémens, & de leurs qualités; mais la première ne saurait exister sans la seconde, parce qu'il serait impossible d'analyser des êtres formés par des corps naturels; si l'on ignorait complétement leur nature, leurs rapports, & les effets qu'ils produisent.

La physiologie végétale, s'il y avait à présent une science qui pût mériter ce nom enseignerait les secrets de l'organisation des plantes, la structure & la liaison de leurs parties, la correspondance de leurs effets, leurs rapports avec les substances qui les environnent; on y découvrirait les mystères de leur nutrition, de leur accroissement, de leur fructification avec les nuances de leur dégradation jusques à leur destruction totale; elle dévoilerait les prodiges de leurs reproductions différentes; elle donnerait une histoire complette de la plante & de ses parties dans tous les tems de son existence, elle pénétrerait les causes de leurs maladies & de leur destruction comme celles de leur vigueur & de leur durée. Tous les organes des végé-

taux laisseraient voir le jeu de leurs opérations, l'élaboration des matières qu'ils préparent. Nous saurions ce que nous ignorons & ce que nous croyons important de découvrir.

Il faut l'avouer ici, cette science est hérissée de difficultés; plusieurs objets différens sollicitent à la fois l'attention, & ils sont tous plus ou moins couverts de ténèbres épaisses. L'écorce, le parenchyme sont superficiellement connus. Le réseau cortical, celui qu'il recouvre sont seulement indiqués. Les fibres sont toujours dans une obscurité profonde; mais les parties qui paraissent les mieux observées renferment encore une foule de problêmes insolubles.

Ces connaissances ne seraient pourtant pas oiseuses, elles pourraient éclairer la théorie des êtres organisés; on prévoit la lumière que cette physiologie répandrait sur l'agriculture, qui cesserait alors d'être soumise à une routine aveugle ou à des tâtonnemens dangereux: on pourrait espérer que la sueur des laboureurs fertiliserait la terre qu'elle arrose souvent sans fruit.

Les organes des végétaux sont d'autant plus difficiles à pénétrer qu'ils sont plus simples; on n'y découvre presque que des parties si-

milaires. La fibre la plus subtile qu'on parvient à force d'art à séparer est peut-être encore composée & ce phénomène des fibres se présente par-tout. Si les organes de la fructification sont mieux connus, c'est sans doute parce qu'ils offrent une plus grande variété dans leur composition ; mais cette connaissance des parties devient inutile sans celle de leurs rapports & de leur jeu. Concevrait-on l'action des étamines pour la fécondation, si l'on ne montrait pas que le fluide contenu dans les globules tombe sur le pistil, dont le stigmate ouvert recueille ce qui peut s'en échapper ?

Les progrès de la physiologie végétale sont subordonnés à ceux de la physique & de la chimie ; il faut avoir étudié les effets de l'eau changée en glace pour estimer ceux de la gelée sur les plantes. Il faut connaître l'influence de la chaleur & de la lumière sur les plantes, pour savoir ce que devient la grande quantité d'eau aspirée par elles. C'est dans nos laboratoires de chimie qu'on apprend la décomposition de l'eau, les affinités de la lumière, la production du gaz oxygène dans les feuilles exposées au soleil

sous l'eau chargée d'acide carbonique, la formation des acides végétaux, de l'ammoniaque, des huiles, la nature des couleurs. C'est dans un cabinet de physique qu'on s'instruit sur les phénomènes de la mécanique, de l'hydraulique &c.

Ces secours qui sont considérables sont néanmoins encore trop bornés, parce que leur application n'est pas toujours facile. Le volume, la figure, la situation des parties extérieures des végétaux sont presque les seuls objets qui frappent nos sens; leur intérieur & les événemens qui s'y passent sont toujours très-voilés. On apperçoit les gros vaisseaux, on cherche vainement les filtres qui préparent les sucs nombreux & variés qu'on y trouve, les émanations fluides & gaseuses qu'ils produisent; le nombre des fibrilles, des mailles, est si grand, leur combinaison si variée, la finesse de plusieurs si prodigieuse qu'elles échappent à toutes les recherches; c'est peut-être dans ce qu'on ne voit pas, ou dans ce qu'on voit mal, que les moyens producteurs de ce qu'on observe doivent être sur-tout cachés.

Si les parties élémentaires des végétaux

sont si fort ignorées, leurs combinaisons, les rapports qui les forment & les effets particuliers qu'ils produisent ne sont pas mieux connus. Il serait quelquefois aussi embarrassant de dire ce qui rend les parties des végétaux inséparables que ce qui tend à les séparer.

Ces difficultés s'accroissent, quand on pense que les végétaux se développent par le mouvement qu'ils ont reçu & qu'ils conservent ; mais on ignore les causes de sa production & de sa conservation. On sait que les parties des plantes sont plus ou moins liées entr'elles par leur action réciproque ; mais on ne sait pas bien l'action particulière de chacune, son influence sur les autres ; les racines sont utiles aux plantes comme les feuilles & l'écorce; quoique chacune ait ses fonctions, chacune a des effets particuliers qui influent sur le tout, & ce que l'on peut en connaître fait encore mieux appercevoir ce qui reste à découvrir.

Cette composition si simple en apparence semble facile à pénétrer. On a cru pouvoir tout faire avec la matière, la figure de ses corpuscules & le mouvement ; mais ce qui paraît si simple dans la méditation est bien différent, quand on se place à côté de la

nature; on a joint à cela des combinaisons de sels, une espèce de fermentation; mais on a fait de nouveaux rêves qui n'ont pas été plus heureux.

Les anciens ne se sont presque point occupés de la physiologie des plantes; Aristote & sur-tout Théophraste en remarquèrent quelques phénomènes que les Cartésiens voulurent expliquer sans les observer. Malpighi & Grew firent cette science à la fin du siècle dernier, en multipliant leurs observations & leurs expériences. Les faits qu'ils découvrirent remplacèrent la plupart des mots vides de sens de leurs dévanciers & de leurs contemporains. C'est dans les ouvrages de Charles Bonnet que le physiologiste des végétaux apprendra la manière d'écrire leur histoire. On le voit saisir dans les plantes mêmes l'explication des phénomènes dont il s'occupe, s'approcher avec circonspection de leur obscurité, les expliquer par ceux qui sont mieux connus, découvrir l'harmonie des faits nouveaux qu'on observe avec ceux qu'on a le plus heureusement approfondis, remarquer leurs dissonances, fixer leurs places dans la chaîne de ses raisonnemens, suspendre ses

décisions, quand les observations ne sont pas assez lumineuses, & retenir son jugement, quand le brouillard résiste aux efforts qu'on a faits pour le percer. C'est en prenant pour modèle ses *considérations sur les corps organisés*, qu'on trouvera la vraie route qu'il faut suivre dans une physiologie végétale : c'est en étudiant ses *recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes* ; *la physique des arbres* par Duhamel ; les *observations sur l'écorce des feuilles & des pétales* par Desaussure ; les *expériences sur la génération* par Spallanzani, qu'on saisira la manière de trouver la vérité dans les matières difficiles, que les obstacles & la difficulté des succès font pour l'ordinaire trop vîte abandonner.

SECONDE PARTIE.

SECTION SECONDE.

Des différentes substances qui paraissent avoir des rapports directs avec les plantes.

CHAPITRE I.

INTRODUCTION.

UN être dont le volume & le poids s'augmentent, doit recevoir du dehors les matériaux de cette augmentation. Comment la plantule à peine perceptible de la graine d'ormeau formerait-elle cet arbre remarquable par son élévation & son diamètre, si elle n'avait pas trouvé autour d'elle les élémens des matériaux qui la remplissent?

Avant de parler des substances alimentaires des végétaux, il pourrait paraître plus convenable de parler de la nutrition; mais,

comme on ne peut déterminer au premier coup-d'œil ce qui sert à nourrir la plante; j'ai cru plus naturel de rechercher les matières qui avaient des rapports avec elle, afin de parler plus sûrement de tout ce qui pourrait en avoir montré. Je me représente donc les végétaux ou le plus grand nombre d'entr'eux enracinés dans la terre, environnés d'air, vivant quelquefois dans l'eau, recevant les impressions de la lumière, exposés aux intempéries des saisons, aux influences de l'électricité, & je me demande si ces substances jouent un rôle particulier dans l'histoire des plantes?

Pour répondre à ces questions, dont la solution doit servir de bases à une histoire physiologique des végétaux, j'étudie ces êtres sous divers points de vue, j'observe leurs rapports avec ces différentes substances, & sans m'occuper de celles-ci, comme le physicien ou le chimiste, pour pénétrer leur nature, je cherche uniquement les liens qui les unissent au règne végétal.

CHAPITRE II.

De la terre & des engrais.

§. I. *De la terre.*

LES physiciens se sont occupés des rapports de la terre avec les végétaux, mais leurs recherches n'ont pas eu tout le succès qu'elles promettaient. On sait que les plantes croissent dans l'eau pure, que la quantité de terre enlevée aux vases, où les plantes ont été élevées, est très-petite. Je parlerai souvent du *cactus heptagonus*, de l'euphorbe, de la reprise & de quelques oignons suspendus au plancher qui poussent de longues tiges; mais il faut observer que ces plantes perdent de leur poids en acquérant de la surface, qu'elles se dépouillent de leurs feuilles, que l'évaporation leur enlève une partie de leur substance, & qu'elles n'éprouvent pourtant pas alors une perte pareille à celle d'une plante

qui n'aurait pas végété ; elles peuvent donc s'être approprié quelques élémens des parties des plantes qui ont péri, de l'eau aërienne qui recouvre les feuilles, où l'on trouve encore quelques particules terreuses & salines, & qui peut toujours dissoudre une partie de la terre répandue sur les feuilles avec l'acide carbonique sans cesse reproduit. Les narcisses & les hyacintes végétent fort bien dans l'eau quand elles y sont plongées par leurs feuilles ou par leurs têtes. Il y a des oignons qui portent des feuilles, des fleurs, des cayeux, quoiqu'ils soient seulement environnés d'air ; mais comme ils périssent dans un lieu parfaitement sec, il faut qu'ils reçoivent encore de l'extérieur une partie de l'aliment qui les développe.

L'analyse de toutes les plantes, à l'exception d'un très-petit nombre, démontre l'existence de la terre dans leur composition ; on la trouve dans leurs fluides comme dans leurs solides ; je l'ai découverte dans la lymphe ou les pleurs de la vigne, au moment où elle quitte les racines. Ruckert, dans son *Agriculture chimique*, apprend que quelques plantes herbacées, soumises à ces expérien-

ces, lui ont fourni depuis huit à vingt-deux pour cent de cendres. Rosier croit que le bois de chêne contient $\frac{1}{120}$ de terre, & Watson un peu plus d'un pour cent.; les tiges de maïs lui en fournirent sept pour cent. Ruckert croit que les plantes herbacées en renferment environ $\frac{1}{5}$ de leur poids. Ce qui fait voir que les herbes, dans leur rapide végétation, combinent plus de matière solide que les arbres, leurs vaisseaux sont aussi en général plus grands; mais leur service est plutôt fini, elles vivent dans peu de mois la vie séculaire des arbres; au reste je suis persuadé que les feuilles fourniraient à cet égard des résultats parfaitement semblables à ceux des herbes.

Il me semble difficile de mettre en doute l'existence de cette terre dans les plantes, & comme on ne peut présumer qu'elle y soit le produit de la végétation : il faut nécessairement croire qu'elle y a été apportée par la séve.

La terre qu'on trouve dans les plantes n'est pas d'une seule espèce, on y découvre communément beaucoup de terre calcaire, quelques traces d'argille, de silice & de magnésie,

gnésie ; mais ces terres ne peuvent pénétrer dans les végétaux qu'avec les sucs qui y entrent; il fallait donc qu'elles fussent dissolubles dans l'eau, & l'on sait que l'eau dissout $\frac{1}{680}$ de son poids de terre *calcaire*, & qu'on trouve dans celle ci $\frac{32}{100}$ d'acide carbonique. Bergman a éprouvé que l'eau chargée d'acide carbonique dissout $\frac{1}{1500}$ de son poids de carbonate calcaire. Je remarquerai ici que les acides végétaux ont la plus grande affinité avec la terre calcaire, qu'elle s'unit si étroitement à eux qu'il est très-difficile de l'en séparer, & qu'ils la fixent dans le végétal d'une manière que cette terre en est presque inséparable par les moyens naturels. Enfin, la terre calcaire, comme partie du sol, conserve & répand dans le végétal la chaleur qu'elle a reçue ; elle entretient l'humidité nécessaire pour la végétation & la germination ; elle fournit aux racines l'eau imprégnée d'acide carbonique & de terre pour alimenter le végétal ; elle rend aussi peut-être les autres terres plus dissolubles dans l'eau. Cette terre, en s'introduisant ainsi dans la plante, lui donne de la

solidité en s'y fixant, parce que cette union est permanente.

L'*argile* est dissoluble dans l'eau par le moyen des acides minéraux & de l'acide carbonique, l'eau seule en dissout une petite partie que les filtres ne sauraient lui enlever.

La *magnésie* est aussi dissoluble dans l'eau par les acides minéraux, végétaux & carbonique, comme par les alkalis ; elle contient environ les $\frac{25}{100}$ d'acide carbonique ; l'eau pure en dissout $\frac{1}{850}$ de son poids.

La *terre siliceuse* est dissoluble dans l'eau chargée d'acide carbonique ou alkalisée ; on la trouve dissoute de cette manière dans quelques eaux minérales. J'ai cru longtems que la terre siliceuse, produite par l'analyse des plantes, était fournie par les creusets, & qu'elle était plutôt suspendue dans l'eau que dissoute ; mais les expériences de Macie sur le tabascheer, celles de Black sur les eaux du Geyser d'Islande, & celles de Klaproth, sur des eaux froides, ne m'ont laissé aucun doute sur sa dissolution dans l'eau. Bergman avait affirmé la présence du quartz dans les

végétaux, comme on le voit dans sa Dissertation *de terris geoponicis.*

Ces terres dissolubles dans l'eau peuvent donc trouver dans l'eau même le véhicule qui les porte dans les plantes, & quelque petite que soit d'abord la quantité de terre dissoute dans l'eau, la quantité d'eau qui passe dans les plantes pendant un jour d'été est si grande, qu'elle doit y laisser une quantité de terre qui sera sensible au bout de quelque tems.

Woodward a fait des expériences qui ne laissent aucun doute sur ces conclusions. Il mit tremper des tiges de menthe dans des bouteilles pleines d'eau pure, & d'eau mêlée avec différentes terres ; voici les résultats :

	Poids de la tige avant l'expérience.		*Eau tirée.*		*Poids de la tige après l'expérience.*	
	grammes.	grains.	grammes.	grains.	grammes.	grains.
Eau pure.	6, 740 ou	127.	753, 148 ou	14190.	6, 794 ou	128.
Eau mêlée avec la terre.	9, 288	175.	569, 559	10731.	8, 917	168.
Eau mêlée avec le terreau.	4, 883	92.	793, 486	14950.	15, 073	284.

On voit ici que la plus grande partie de l'eau tirée par les plantes en sort, & que la terre ou le terreau qu'elle a dissous se dépose dans leurs organes. Je répétai cette expérience dans d'autres vues, & je vais la raconter à cause de son importance.

Je choisis, comme Woodward, une plante végétant aussi bien dans l'eau que sur la terre, *mentha aquatica*; mais je mis une de ces plantes en plein soleil, & l'autre auprès d'une fenêtre, où elle recevait la lumière sans en recevoir les rayons directs. Toutes les deux ont donné des graines qui n'ont pas levé lorsque je les ai semées.

Je crois nécessaire de donner ici un apperçu des eaux de Rolle, que j'ai employées pendant le séjour que j'y ai fait, à mes dernières expériences. Un kilogramme, 100,576 grammes ou 36 onces de cette eau m'ont fourni par l'évaporation 404,70 milligrammes ou 7 grains $\frac{5}{8}$ de matière séche, dont 265,38 milligrammes ou 5 grains furent dissolubles dans l'esprit de vin, 119,42 milligrammes ou 2 grains $\frac{1}{4}$ ont été dissous par le vinaigre, les 19,90 milligrammes ou $\frac{3}{8}$ de grain restans étaient une matière purement ochreuse; ces

eaux contiennent encore une quantité assez grande d'acide carbonique.

La première plante pesait au milieu de prairial 2,640 grammes ou 49 grains $\frac{3}{4}$; elle fleurit le 8 fructidor. Je la pesai le 9 vendémiaire, & je trouvai son poids de 10,273 grammes ou 193 $\frac{9}{12}$ grains; les racines rougeâtres pesaient 2,975 grammes ou 56 $\frac{1}{12}$ grains.

La tige renfermée près de la fenêtre pesait 3,184 grammes ou 60 grains; elle fleurit le 24 thermidor, sa couleur était verte, son odeur forte, elle était trois fois plus longue que la précédente; le 9 vendemiaire elle pesait 4,299 grammes ou 81 grains, ses racines étaient blanches & ses tiges effilées.

Après l'entière dessication de ces plantes dans mon cabinet, la première pesait 2,667 grammes ou 49 grains $\frac{1}{2}$, & la seconde 2,209 grammes ou 41 grains $\frac{5}{8}$; la première avait tiré 971,285 grammes d'eau, & la seconde 627,040 grammes ou 11814 grains. Je renvoie les détails de l'expérience avec ses conséquences à un autre lieu; cette eau aurait dû fournir environ 212,30 milligrammes ou 4 grains de terre; mais il faut ob-

server que des plantes fraîches, semblables à celles dont je m'étais servi d'abord avaient perdu par la dessication environ les deux tiers de leur poids.

On pourrait croire que la terre dissoute par l'eau s'en sépare aisément, & ne pénètre pas avec elle dans les plantes; mais on sait que la terre est alors fortement unie à l'eau, on sait qu'elle traverse, mêlée avec l'eau, une lisière d'une aune de drap, qu'elle se filtre dans cette union au travers de plusieurs draps serrés sans se séparer entièrement; on trouve de la terre dans l'eau évaporée; Margraf a même découvert la terre calcaire dans une eau distillée plusieurs fois; j'en ai remarqué dans celle qui est évaporée par les feuilles, dans la lymphe; de sorte qu'il est vrai que la terre dissoute dans l'eau monte avec la séve jusqu'à la cîme des plantes.

Les plantes ne peuvent prendre dans la terre qu'une eau qui contient un peu d'acide carbonique avec quelques atomes terreux, salins & ferrugineux qu'elle dissout, comme les expériences faites sur les eaux de sources le prouvent, & comme la quantité d'acid

carbonique qui se forme à la surface du sol ne permet pas d'en douter ; mais tout ce qui n'est pas dissoluble dans l'eau, tout ce qui n'est pas susceptible d'une extrême division ne saurait pénétrer les racines des plantes. Il est vrai que ces parties dissoutes sont toujours dans une quantité très-petite ; mais l'eau qui traverse les plantes est dans une si grande abondance, qu'on comprend aisément comment elle peut y laisser ces parties qu'on y trouve. En supposant avec Hales, suivant les calculs de Kirwan, qu'un *helianthus annuus* tire pendant trois mois 36,1456 litres, ou 38 pintes, & que cette eau dissolve 4,034 grammes ou 76 grains de terre calcaire, & 371, 53 milligrammes ou 7 grains de silice, comme les eaux d'Upsal ; il se trouverait que cette plante pesant 1 kilogramme, 559 grammes, 172 milligrammes ou 51 onces, aurait perdu les trois quarts de son poids au bout de trente jours de dessication au soleil, ce qui donne environ le poids de 389, 792 grammes ou 12 onces & trois quarts ; ce résidu réduit en cendres est de 3,556 grammes ou de 67 grains, en sorte que la terre restée dans le vase,

passée avec l'eau qui s'échappe au travers des feuilles, & contenue dans la suie, pourrait donner la terre contenue dans la plante; ce qui doit paraître d'autant plus probable que les eaux d'Upsal sont très-pures. Margraf avait trouvé 5, 308 grammes ou 100 grains de chaux, dans 115,0952 litres ou 121 pintes d'eau de pluie. Il paraîtrait de là que le saule de Van Helmont, qui végéta pendant cinq ans dans l'eau pure, n'aurait reçu, d'après l'expérience faite sur le tournesol, que 212,144 grammes ou 7 onces de terre moins 35 grains; puisqu'il pesait 82,1092 kilogrammes, ou 169 livres $\frac{1}{2}$; après sa dessication, le poids fut de 20,78889 kilogrammes ou 42 livres $\frac{1}{2}$, & il fournit 214,001 grammes ou 7 onces de cendres; mais dans ce calcul, on ne tient compte ni des feuilles tombées pendant cinq ans, qui doivent avoir eu un poids assez grand, ni de la terre que l'eau évaporée emporte, comme je l'ai souvent observé.

Je vais plus loin encore, & je trouve que la terre elle-même sur laquelle une plante croît, domine dans les produits qu'on en

obtient, comme Desaussure le fils l'a fait voir dans une excellente analyse du *spharagnum erectum*, & dans celle de la terre où il s'est développé; mais on y remarque que le carbonate, le sulfate & le muriate de potasse qui se trouvent en une quantité à peine sensible dans la terre, sont dans des quantités très-remarquables dans la plante, surtout le dernier, ce qui semble une preuve de leur accumulation pendant que la plante se développe; tandis que la chaux qui peut s'échapper avec l'eau évaporée y est seulement dans une quantité à peu-près égale. Ce bon chimiste a fait voir encore que les plantes qui croissent uniquement sur le quartz, (& il a été les chercher dans nos glaciers,) contiennent moins de terre calcaire, & de potasse, mais plus de silice que les mêmes plantes qui croissent dans la plaine, & que ces plantes qui se développent sur les montagnes entièrement calcaires, ne renferment point de silice; ce qui montre l'influence du sol sur les plantes qui y croissent, & par conséquent que la terre sur laquelle ces plantes reposent, passent dans leurs substances; mais, comment trouve-t-on cette terre cal-

caire dans les plantes qui croissent au milieu des granits & des quartz ? D'abord j'ai prouvé que l'eau évaporée des plantes emporte avec elle la terre calcaire, elle se répand dans l'air, & devient une partie de l'alimentation des plantes alpines qui ont de petites racines & qui se nourrissent beaucoup par leurs feuilles; ensuite cette eau répandue dans l'air se dépose avec la rosée sur la terre, où elle sert à nourrir la plante par ses racines, & à y introduire encore de cette manière la terre calcaire qu'elle contient.

Enfin on peut juger quelle est l'influence de la terre sur la végétation, en comparant l'état des plantes terrestres qu'on fait végéter dans l'eau, où elles n'en sont pas tout-à-fait privées, avec celui des plantes qui croissent en pleine terre; quoique quelques-unes des premières paraissent se développer avec vigueur, on ne peut s'empêcher de remarquer qu'elles sont moins belles & moins fortes, il y en a même qui ne donnent point de graines après avoir fleuri, quoique j'en aie pourtant vu plusieurs qui fournissaient des graines fécondes.

Il résulte de toutes ces observations que

les plantes contiennent de la terre, qu'elle les pénètre après avoir été dissoute dans l'eau, qu'elle y reste en partie après que l'eau s'est évaporée, & que l'on ne peut en douter, puisque l'eau de l'évaporation en contient encore quelques atomes, lorsqu'on la recueille avec soin.

La quantité des principes terreux ne diffère pas beaucoup dans les différentes plantes, quoique la quantité des principes salins ne soit pas la même; mais il y en a une cause qui me paraît claire, les plantes reçoivent la terre avec l'eau, & ce qui leur en reste est proportionnel à leur évaporation, au lieu que les sels y sont formés, & leur formation dépend des organes extrêmement variés de toutes celles où ces sels se préparent; c'est pour cela que les plantes différentes se nuisent par leur voisinage, comme les plantes semblables, parce qu'elles s'enlèvent une nourriture commune. Les différences que les végétaux font observer ne sont point l'effet des alimens différens qu'ils reçoivent; mais ils sont celui de la différente élaboration qu'ils font éprouver au même aliment que tous ont reçu. Un petit citron greffé sur un oranger se déve-

loppe . mûrit & reste toujours citron , quoiqu'il reçoive la nourriture d'un fruit qui ne lui ressemble pas. La différence de l'élaboration du suc dans le pédoncule du citron & dans celui de l'orange, forme le premier à la place du second qu'on aurait eu, si l'on avait greffé sur ce rameau une petite orange à la place du petit citron Il en est de même pour toutes les greffes qui sont nourries par des sucs qui ne devaient pas être les leurs. D'un autre côté, quand on sème la garance , on a la première année une belle teinture rouge , dans la seconde la couleur est moins vive, elle diminue encore ainsi successivement pour reprendre sa première intensité au bout de sept ans; ce qui me paraît dépendre de l'énergie des organes de cette plante altérée peut-être d'abord dans un terrain qui ne lui est pas propre, mais qui se fortifie, lorsque la plante a pu se familiariser avec cette nouvelle habitation.

Si chaque espèce de plante tirait de la terre les sucs particuliers qui lui conviennent ; il faudrait qu'elle les tirât au milieu de tous ces sucs possibles qui y seraient renfermés; mais la greffe apprend que l'orga-

nisation seule du bourrelet varie ses produits, puisqu'on peut faire porter à un même pied les branches de différens arbres avec les feuilles & les fruits qui leur sont propres. Comment les mauvaises plantes, telles que l'ivraie, nuiraient-elles aux bleds qu'on veut faire prospérer, puisqu'elles n'enlèveraient au sol que les sucs particuliers qui leur conviennent? il est vrai qne l'ombre de ces plantes pourrait leur causer un dommage réel ; mais Duhamel a fait voir le contraire en plantant des baguettes à la place de ces plantes. L'ivraie fait donc le même mal que les chardons, ou tout autre végétal, en s'appropriant les sucs alimentaires que les végétaux voisins auraient pu tirer. On peut encore augurer l'identité des sucs que les racines aspirent par leur ressemblance extérieure; elles ont toutes une surface poreuse, des suçoirs multipliés, un parenchyme pour recevoir ces sucs; à la vérité, leur intérieur n'est plus le même, elles ont une organisation particulière pour élaborer ces sucs d'une manière qui leur est propre. Les pleurs de la vigne ne ressemblent pas au suc sucré de l'érable répandu dans des lieux voisins. On ne peut se dissimuler

pourtant qu'il y a des terrains qui donnent un goût particulier aux plantes qu'il produit; mais cela prouve seulement qu'il y a des matières dissolubles dans la lymphe que la végétation ne peut altérer.

Il résulterait de toutes ces considérations que l'eau tirée par les plantes dissout une partie de la substance du terreau qui favorise la végétation, & que cette dissolution est nécessaire à un certain degré pour la rendre aussi belle qu'il est possible; on comprend par là, pourquoi certaines plantes réussissent mieux dans certains cantons que dans d'autres, en supposant les autres conditions égales; & pourquoi le changement des plantes dans le même terrain favorise leurs progrès. Celles dont les racines rampent à la surface du sol n'ont pas besoin d'une terre profondément bonne, comme celles qui sont pivotantes; ces mêmes plantes à racines rampantes épuisent bientôt cette partie où elles végètent de la *terre végétale* qu'elle contenait; de sorte qu'elle doit devenir moins fertile pour des plantes dont les racines seraient semblables; mais, si l'on met à leur place des plantes qui s'enfoncent davantage, & dont les raci-

nes n'occupent plus la place des racines des plantes précédentes ; alors elles trouveront plus bas avec abondance l'aliment dont elles ont besoin, si le fond ressemble à la surface. Les labours sont utiles en ramenant à la surface cette terre alimentaire qui n'a pas été dévorée, les engrais la fournissent dans les débris des végétaux & des animaux qui rendent au terrain avec cette terre le carbone & les substances fermentescibles que la végétation lui avait enlevées. Mais je veux m'approcher un peu davantage des causes de la fertilité de la terre.

Les terres élémentaires pures paraissent peu propres à la végétation ; ne serait-ce point par l'adhérence de leurs élémens qui s'oppose au passage de l'eau, de l'air, de la lumière, ou à la pénétration des racines. Giobert, ce chimiste plein de génie, se procura par des moyens chimiques, l'alumine, la magnésie, la chaux parfaitement pures, il les humecta, & y sema du bled qui germa, & périt bientôt après ; ce qui me semble prouver que ces graines animées par l'humidité se développèrent tant qu'elles purent vivre aux dépens des sucs élaborés dans

leurs

leurs cotylédons, & qu'elles périrent quand elles eurent besoin d'une nourriture plus substantielle; mais ce chimiste fertilisa ces terres en y versant de l'eau de fumier, sans doute parce qu'il leur rendit le carbone ou les matières fermentescibles, propres à produire l'acide carbonique qui devait servir à l'aliment des plantes, & dissoudre dans l'eau la terre qui devait y passer. Il mêla ensuite ces terres pures deux à deux, trois à trois; mais elles furent par les mêmes raisons également stériles. On pourrait pourtant croire que les graines germées dans les terres chimiques périrent, parce qu'elles y trouvèrent des sels qu'il est impossible d'en séparer; mais l'expérience apprend que les terres argileuses sont d'autant plus stériles que l'argile est plus pure & moins mêlée avec des corps qui peuvent former l'acide carbonique en combinant leur carbone avec le gaz oxygène de l'air commun, ou qui sont susceptibles de quelque fermentation.

Quant à l'absorption du gaz oxygène par les terres, en supposant qu'elle se fit avec les terres pures, comme Humboldt l'a annoncé; quoique les expériences de Desaus-

sure le fils que j'ai vues, la contredisent formellement, & montrent la cause qui a présenté le phénomène au célèbre physicien allemand tel qu'il l'a vu, cette absorption serait indifférente pour la végétation, parce qu'elle ne rendrait pas ces terres plus dissolubles dans l'eau, & parce que le gaz oxygène qui se mêle avec l'eau ne saurait s'y dissoudre, de sorte qu'il passerait difficilement dans les vaisseaux des plantes; mais s'il y avait dans ces terres quelques parties fermentescibles, qui changeassent le gaz oxygène en acide carbonique, alors l'absorption pourrait être heureuse pour la végétation ; mais elle agirait comme elle agit dans toutes les terres cultivées.

Giobert, en suivant ces expériences, exposa à l'action du feu, pendant une heure, une portion de terre très-fertile, il la mit ensuite dans un vase, il l'arrosa, il y sema des grains de bled qui germèrent, mais ils s'y développèrent beaucoup moins bien que ceux qui furent semés dans le terrain le moins fertile du Piémont. Le feu aurait donc enlevé à la terre les principes de sa fertilité, en consumant son carbone avec les matières fer-

mentescibles qu'elle contenait ; aussi l'eau pure fertilisa la terre qui avait été seulement desséchée sans éprouver de combustion ; mais il fallut de l'eau de fumier pour fertiliser celle qui avait été soumise à l'action du feu.

J'ai vu la terre de jardin perdre la plus grande partie de sa fertilité, après avoir été bouillie long-tems à grande eau, jusqu'à ce qu'elle n'en fût plus colorée, & la reprendre en l'arrosant avec l'eau où elle avait été exposée au feu. Il paraît par ces expériences que le principe fécondant du sol est cette matière qui se consume, ou plutôt cette espèce de mucilage très fermentescible que l'eau lui enlève par une longue ébullition.

On a fait l'analyse de différentes terres fertiles en différens lieux. Hales a retiré par la distillation de la terre un volume d'air 43 fois plus grand que celui de la terre qui avait servi à son expérience ; cet air était sans doute les gaz hydrogène & acide carbonique. Home, dans ses *élémens d'agriculture*, dit que la terre noire produit l'acide carbonique, des parties huileuses & l'ammoniaque. Bergman trouve que la meilleure terre pour la culture contient deux parties de terre calcaire, une

partie de magnésie, quatre parties d'argile & trois de sable. André & Parmentier prouvent que les meilleures terres des environs de Paris & de l'Electorat de Hanovre ne contiennent point de sels, que les engrais y portent ceux que l'analyse y découvre; il paraît même par leurs observations, que les sels mis en terre, nuisent à la végétation, quand ils sont en trop grande quantité, & qu'ils lui sont inutiles, quand ils ne lui nuisent pas.

Giobert a fait une analyse du terrain fertile du Piémont; il obtint une matière extractive, gélatineuse, qui se pourrit bientôt, elle en faisait environ la 290me. partie; le résidu de l'évaporation était combustible, brûlant avec flamme & fumée, les cendres firent effervescence avec les acides, les sels furent décomposés par la potasse. Une substance calcaire reste sur le filtre, se dissout dans l'acide sulfurique, & forme un sel décomposé par l'acide du sucre. Par la distillation, il obtint une eau pure, qui jaunit & brunit, une matière huileuse y surnageait; il n'y apperçut point d'ammoniaque. Cette eau rougit la teinture du tournesol, fournit

un dépôt calcaire avec l'eau de chaux; l'esprit de vin emporta une matière jaune, qui parut résineuse L'acide sulfurique se changea en acide sulfureux. Ce terrain poussé au feu dégage beaucoup d'air, il offre $\frac{1}{3}$ d'acide carbonique, le reste est le gaz hydrogène carbonisé avec l'azote; le poids de l'eau retirée était à celui de la terre comme 1:112, & celui de l'air à celui de la terre comme 1:440.

Giobert croit qu'un terrain peut être également fertile, quoique les proportions des terres élémentaires varient; il suffit, suivant ce chimiste, que les proportions restent telles qu'on obtienne toujours la même divisibilité & la même ténacité ou la même tendance à l'union

Il faudrait joindre ici l'analyse du terreau & de la terre faite par Fourcroy & Hassenfratz, mais un tableau seul de cette belle analyse étant insuffisant pour en faire sentir le mérite, je renvoie aux *mémoires d'agriculture de Paris trimestre d'hiver & du printems pour* 1788, où elle est avec tous ses détails; il me suffit de remarquer qu'elle leur a fourni beaucoup d'huile & de carbone, avec l'acide

carbonique, le gaz hydrogène & même le gaz azote en particulier dans le terreau de bruyeres.

Ces tableaux différens offrent des élémens que les végétaux doivent élaborer, & ils peuvent faire juger la théorie que j'ai proposée, & dont j'étendrai les détails dans la suite de cet ouvrage; mais il faut supposer toujours notre profonde ignorance de la chimie de la nature qui ne nous permet pas d'appercevoir comment elle forme avec ces substances les différentes parties des plantes, leurs fluides, leurs solides, leurs saveurs, leurs odeurs & leurs couleurs. Avant de faire encore quelques réflexions sur ces analyses, je veux présenter ici deux remarques essentielles de Kirwan, qu'on trouve dans un beau *mémoire sur les engrais* imprimé dans le volume V des *transactions philosophiques d'Irlande.*

Kirwan observe que le terrain fertile est un mêlange de trois ou quatre terres simples & de charbon dissoluble; je dirai d'acide carbonique ou de moyens pour le produire. Il remarque ensuite avec beaucoup de raison, que ce qui rend les terres propres à différentes plantes; c'est la différente quantité d'eau

qu'elles peuvent contenir. Bergman montre que l'argile en contient 2,5 fois son poids sans en laisser échapper une goutte; la magnésie 1,05; le silice 0,25. Il paraît de là que la combinaison de la terre avec l'eau doit être telle, quelle puisse retenir plus d'eau que la végétation ne peut en employer, mais qu'il ne doit pas y en avoir beaucoup davantage. Aussi le terrain pour être bon dans les climats secs doit attirer l'eau afin de remplacer celle qui s'évapore. Bergman apprend que le terrain fertile dans une plaine, où il tombe 5,2 décimètres ou 24 pouces anglois d'eau de pluie est composé de 4 parties d'argile, 2 parties de silice, 2 parties de chaux & 1 partie de magnésie, en supposant que le silice soit en morceaux de la grosseur d'une noix pour tenir la terre ouverte; aussi suivant Kirwan le rapport de la chaux est plus grand à Paris qu'en Piémont où il tombe le double de la pluie qui tombe à Paris; le terrain par conséquent doit y avoir plus de moyens pour retenir l'eau, plus de chaux & moins de silice; ce qui fait que le rapport du silice est à Turin de 77 80 pour cent; & celui de la chaux de 9

à 14 pour faciliter l'écoulement de l'eau & son évaporation; tandisque à Paris dont le climat est plus sec le silice est de 46 à 57 pour cent & la chaux de 37; à Upsal où il tombe 6,49 décimètres ou 24 pouces d'eau le silice est de 56 pour cent & celle de la chaux de 30.

Ces considérations doivent s'étendre à l'illumination & à la chaleur, un sol blanc réfléchit plus de rayons qu'un autre; à la nature des eaux plus ou moins propre à dissoudre la terre; à l'état de l'atmosphère où une espèce de terre se saisirait mieux qu'une autre de l'acide carbonique qu'elle contient ou de son humidité &c.

Les expériences de Giobert en montrant que l'eau de fumier rend fertiles les terres que le feu a frappées de stérilité indique ce que le feu leur a ôté & ce que l'eau de fumier leur rend. La gélatine que la distillation de la terre donna à ce chimiste & qu'il vit d'abord se putréfier, fait connaître la nature de la matière remplacée; & l'acide carbonique, que Ingenhous & Desaussure ont recueilli à la surface de la terre, laisse appercevoir dans cette gélatine qui fermente une de ses sources:

on comprend ainsi comment la terre bouillie long-tems à grande eau devient stérile comme celle qui a été exposée au feu, parce que l'eau lui enlève ce que le feu consume.

Giobert dans son analyse apprend un fait curieux; l'acide sulfurique versé sur le terrain y devient acide sulfureux, il faut donc qu'il y perde une partie de son oxygène, & je ne vois que le carbone ou la partie huileuse qui puisse le lui enlever; car le fer & la magnésie y sont sous la forme d'oxide, & ils y seraient en trop petite quantité pour produire cet effet quand ils y seraient sous la forme métallique; d'ailleurs on n'apperçoit aucune trace de gaz hydrogène. Fourcroi a obtenu de 244,573 grammes ou 8 onces de terreau 5,042 grammes ou 95 grains d'acide carbonique. 489,146 grammes de terre de bruyere lui ont fourni 16,188 grammes ou 4 gros, 17 grains de charbon.

Quand on sait que l'acide carbonique absorbé par les feuilles y laisse son charbon & que les eaux acidulées avec le gaz acide carbonique favorisent la végétation, on est bien porté à croire que l'eau de la terre chargée de cet acide qui se forme sans cesse aux dé-

pens de cette gélatine des terres fertiles, dissout les terres, le fer, la magnésie qu'elle rencontre & les porte dans les plantes qui sucent cette eau par leurs racines, alors cette terre est fixée dans les végétaux par l'acide végétal qu'elles trouvent. Dans cette théorie on voit comment les plantes sont nourries pendant l'hiver & comment leurs boutons peuvent continuer à se développer. J'ai vu l'acide carbonique se répandre dans l'air aussitôt que la terre se dégèle & fournir ainsi aux plantes toujours vertes les moyens de conserver leur vigueur, & aux autres les moyens de se préparer en silence pour l'opération du printems, malgré la létargie où elles semblent plongées.

Je lisais l'intéressante *introduction à l'étude de la botanique* de Philibert en commençant l'impression de ce troisième volume; j'y ai trouvé cette question curieuse à laquelle je n'avais pas pensé de répondre. Comment se fait-il que le même sol ne convienne pas à toutes les plantes puisqu'elles y trouvent toujours de l'eau, pourquoi faut-il à l'une un terrain argileux, à l'autre un terrain calcaire, à celle-ci du sable, à cette autre des en-

grais végétaux & animaux, à quelques unes une abondance d'eau, à quelques autres une sécheresse extrême ? On sait, ajoute-t-il pour augmenter l'importance de cette question, que Linné après 20 ans de tentatives inutiles pour faire fleurir une *nitraria* dans le jardin d'Upsal ne réussit qu'en la nourrissant de sel qui aurait fait périr beaucoup de plantes. Il me semble qu'on a pu trouver la solution de cette question dans ce que je viens d'exposer, mais elle sera encore plus complette par les réflexions que je ferai dans la suite de cet ouvrage & les observations que je serai appellé à raconter.

Je remarque dabord que les plantes ne tirent pas de la terre une eau pure, mais qu'elle est chargée d'acide carbonique & de terre ; on ne peut en douter puisque les graines semées dans le sable & dans les terres pures germent dabord par l'aliment que les cotilédons fournissent aux plantules & que celles-ci périssent bientôt quand elles sont forcées de se nourrir par les sucs que leurs racines peuvent leur fournir. Il est démontré que les racines sont en rapport avec l'état des plantes auxquelles elles tiennent, mais comme les

plantes ne se ressemblent point par leur nature, leur figure & leurs produits, il est clair que les racines doivent avoir des propriétés analogues; il résulterait donc de là que la différence des racines dans leurs formes & leurs qualités solliciterait une différence dans le terrain pour s'étendre & pour y végéter. Il est bien évident que l'argile, la terre calcaire, le sable pur ou mêlé en différentes proportions ne contiennent pas la même quantité d'eau, ne la présentent pas aux suçoirs des racines de la même manière, avec la même abondance, ni chargée des mêmes parties; de sorte que les plantes qui demandent beaucoup d'eau seraient déplacées dans le sable où elles en trouveraient peu, comme les plantes moins altérées seraient mal à leur aise dans l'argile qui retient l'eau & qui en est toujours plus ou moins humectée. Enfin l'expérience apprend que les racines souffrent lorsque la plante ne trouve pas les alimens nécessaires pour la développer, tout comme lorsqu'ils ne lui sont pas présentés d'une manière convenable, parce que les feuilles sont les nourrices des racines, comme celles-ci sont les nourrices des feuilles.

Il est vrai que la plupart des plantes végètent plus ou moins bien dans tous les terrains, quand les autres circonstances nécessaires à leur végétation sont réunies; mais la différence de leur végétation est alors occasionnée par la manière d'exister que les racines peuvent avoir dans les terres où elles se trouvent; que l'on se représente une plante dont les racines doivent avoir un grand développement & produire un chevelu très-fin dans une terre argileuse; on sent d'abord que ses racines ne peuvent se déployer, que leur chevelu ne peut s'insinuer dans cette masse compacte; de sorte que la plante déplacée doit languir & montrer par sa langueur qu'elle est déplacée; on dira la même chose pour l'acide carbonique qui leur est plus ou moins nécessaire, pour l'eau dont elles demandent des quantités différentes, & l'on sera forcé de conclure que, quoique les différens terrains fournissent aux différentes plantes les mêmes sucs, ils doivent néanmoins encore être en rapports avec la différente organisation des plantes qu'on y veut faire croître, afin qu'elles y trouvent la quantité des alimens qui leur est nécessaire, de la manière la plus convenable.

§. II. *Des engrais.*

Les recherches sur les engrais les plus convenables à un terrain donné sont importantes, mais elles supposent des connaissances de chimie & de physiologie végétale qui nous manquent; voici quelques observations qui auront peut-être des rapports avec ce beau sujet.

Toute substance ou tout procédé propre à favoriser la végétation est un engrais; aussi comme la végétation peut être favorisée par d'autres moyens que par les substances mises en terre dans ce but, je n'ai point borné ma définition à cette seule espèce; mais, avant d'entrer dans cet examen, il faut se rappeler ici ce que j'ai dit il y a un moment, que la plupart des plantes contiennent de la terre, & qu'elles n'ont pu l'avoir prise que dans le terrain où elles sont attachées par le moyen de l'eau chargée d'acide carbonique qui la dissout.

S'il y a des plantes qui croissent dans l'eau pure, & si ces plantes ont toutes les propriétés de celles qui croissent en pleine terre, la terre ne paraît pas nécessaire à leur production;

cependant, si la plupart des plantes contiennent de la terre, il faut reconnaître qu'elle est essentielle à la constitution de celles qui en ont, d'autant plus que celles-là même qui croissent dans l'eau n'en sont pas privées, & l'on peut en trouver la source dans l'air lui-même où l'on voit au soleil flotter plusieurs pulviscules, comme dans l'eau évaporée, qui n'est jamais parfaitement pure. Margraf trouva dans l'eau de pluie une quantité de terre calcaire assez remarquable; j'en ai trouvé dans la rosée, dans l'eau qui s'échappe des feuilles par la transpiration; enfin le chimiste de Berlin que je viens de citer en a découvert dans l'eau distillée pour la douzième fois; les plantes, en s'appropriant l'eau de l'atmosphère par leurs feuilles, s'approprient en même tems la terre qui y adhère: c'est pour cela que les progrès des plantes dans l'eau distillée sont très-lents, sur-tout, lorsqu'elle n'a pas été exposée long-tems à l'air, & lorsqu'elle ne communique pas directement & facilement avec lui, ou lorsqu'elle n'a pas été imprégnée d'acide carbonique.

L'analyse montre que les fumiers renferment le carbone avec les autres élémens dont

j'ai parlé dans l'analyse des terres, & Ruckert confirme tout cela dans l'analyse particulière qu'il donne de divers fumiers : on y voit qu'ils contiennent une grande quantité d'eau propre à favoriser la fermentation nécessaire pour la production de l'acide carbonique; les gaz hydrogène & acide carbonique qu'il a obtenus avec abondance sont à la vérité les produits de l'opération; mais au moins ils font connaître que les fumiers en contiennent les élémens; on y remarque en particulier beaucoup de charbon, la chaux, la silice, la potasse, l'alumine; cependant, comme la quantité de terre que les fumiers portent sur les terrains n'est pas considérable, & comme on sait que les sels ne favorisent pas la végétation, on entrevoit déjà que si la terre apportée par les engrais sert à fertiliser la terre où on les répand, comme je le crois, elle n'a pas le plus grand effet dans leur opération, mais que leur charbon qui y est en grande abondance, & la matière fermentescible qu'ils renferment doivent y jouer le rôle le plus grand.

L'expérience apprend que les engrais sont indispensablement nécessaires ; on voit la terre perdre sa fertilité en la déployant; elle perd

perd sans doute alors cette terre dissoluble dans l'eau, ce carbone, cette matière fermentescible qui se sont employés pour les productions qu'on a recueillies; de sorte que les mêmes plantes qui y avaient végété avec vigueur, pendant quelques tems, ou d'autres même ne sauraient y prospérer comme auparavant quand on les y semerait de nouveau; on parviendrait ainsi à rendre stériles les meilleures terres en les ensemençant continuellement sans engrais, parce qu'en enlevant au terrain les plantes qu'il a produites, elles ne pourraient plus lui rendre par leur décomposition ce qu'elles lui ont enlevé en y croissant. Les engrais donc rendent pour l'ordinaire au sol les élémens des plantes que la végétation lui ôte. C'est pour cela que l'on change les espèces des plantes cultivées dans le même champ, parce que leurs racines n'y occupant pas la même place, y trouvent ce que les autres n'ont pu y prendre. Villars, ce botaniste célèbre, m'apprend aussi qu'il ne suffit pas de varier les espèces cultivées dans le même champ, mais qu'il faut encore varier leurs familles. Le seigle réussit moins bien après les bleds, & l'orge après l'avoine que le trefle & les plantes légumineuses. Il y a

quelques plantes qui sont comme les hommes plus sobres que d'autres. On observe pourtant que le repos rend la fertilité aux terres épuisées, comme on l'observe dans les allées des jardins; Villars a vu des arbres y croître beaucoup plus vîte que dans les carrés; ces endroits cultivés y accumulent sans doute le carbone & le mucilage que les eaux y portent, les plantes ne peuvent les leur enlever, & le gravier qui recouvre ces places, ou l'applatissement & la condensation qu'elles éprouvent en y marchant les empêchent de s'en échapper aussi facilement. Je passe à présent à des considérations plus directes à mon but.

L'expérience apprend que les matières végétales & animales ne peuvent servir d'engrais que lorsqu'elles commencent à fermenter; elles ne rempliraient point ce but, lorsqu'elles sont fraîches, ou lorsqu'elles n'ont pas commencé à s'altérer. Ces matières même dans leur état le meilleur pour devenir un bon engrais, seraient inutiles, si on les desséchait par la chaleur naturelle ou artificielle, parce qu'elles ne sont fertilisantes qu'en fermentant, & qu'elles ne sauraient éprouver aucune fermentation, quand elles sont des-

séchées; enfin elles ne peuvent être d'aucune utilité, lorsque leur fermentation est finie.

On a éprouvé de même que les terres qui n'ont pas été cultivées, ou qui ne l'ont pas été depuis quelque tems, ont moins besoin d'engrais que celles qui donnent chaque année une récolte, & qu'elles en ont un besoin d'autant plus grand que leurs produits sont plus considérables & plus renouvelés. On remarque encore que les plantes qui croissent dans un terrain où l'on a mis l'engrais qui lui convient, sont plus vigoureuses que celles qui végètent dans un sol abandonné à lui-même; mais aussi une quantité trop grande d'engrais nuit à la végétation. Je fis un mêlange d'une bonne terre de jardin avec une quantité égale de terreau de cheval, & diverses plantes y devinrent plus petites, la couleur de leurs feuilles était pâle, leurs progrès furent plus lents. Je n'ai jamais pu faire germer des graines dans des poires ou des pommes pourries. Enfin, comme je l'ai déjà dit, les terres brûlées & lessivées parfaitement sont stériles.

Les labours un peu profonds suppléent quelquefois pour un tems aux engrais, en

ramenant à la surface une terre qui n'avait pas été encore découverte ; mais cela ne réussit que lorsque les terres sont excellentes, qu'elles ont un bon fond, & qu'elles ont été long-tems en friche, ou fraîchement fumées.

Tout ce qui constitue les engrais ne peut servir à la nourriture des plantes, il ne peut y avoir, comme je l'ai déjà remarqué, que ce qui s'insinue dans leurs vaisseaux qui puisse favoriser leur développement. Il paraît donc qu'il ne saurait y avoir que les matières dissolubles dans l'eau qui puissent nourrir les plantes. Cependant toutes les dissolutions de la terre & des engrais dans l'eau ne sont pas également propres à la végétation, parce qu'elles ne peuvent pas être également sucées par les racines. J'ai observé souvent, que ce qui troublait la transparence de l'eau devenait un obstacle à la suction des plantes ; elles ne tirent rien dans l'eau de fumier, & l'eau commune devient moins propre à être sucée quand on la mêle, dans une quantité très-petite, avec la précédente. Une eau qui avait bouilli pendant quatre heures avec de la terre de jardin, & qui ne contenait que 1,274 gramme ou 24 grains de matière solide par

489,146 grammes ou une livre, ne pouvait être sucée par les plantes dans la même quantité que l'eau commune ; la suction était de même dérangée dans une légère teinture de cochenille.

Nous avons vu que les terres bien lessivées, les terres brûlées, les terres chimiques sont stériles, & qu'on les féconde avec l'eau de fumier ; il paraît donc qu'elles doivent une grande partie de cet avantage à cette eau qui renferme des matières très-fermentescibles & qui fournit une grande abondance d'acide carbonique ; on trouve de même que les meilleures terres qui ont eu le plus d'engrais, sont celles qui contiennent la plus grande quantité de cette matière susceptible de fermentation, & que les bons engrais en fournissent encore davantage ; j'ai même observé que ceux-ci en fournissent d'autant plus qu'ils sont plus près du tems où ils fermentent le mieux, & qu'ils n'en donnent plus quand cette fermentation est totalement finie, ou quand ils ont perdu leur faculté fertilisante.

Les fumiers fournissent de la terre qui mérite quelque attention, parce qu'elle doit

être la terre la plus propre à la végétation, puisqu'elle avait déjà été assimilée aux végétaux qui se sont putréfiés ou qui ont nourri les animaux, & qu'elle doit être aussi la plus propre à être dissoute dans l'eau & à entrer dans la texture des plantes.

Enfin, le carbone renfermé dans les engrais & surtout dans leur matière mucilagineuse, est suivant leur analyse chimique plus abondant que dans la terre, aussi il semble qu'il doit être une nouvelle cause de la prospérité des plantes qui croissent dans les terres fumées.

On trouve le carbone & la terre végétale dans les plantes; elles en contiennent d'autant plus qu'elles sont plus vigoureuses & plus belles; il faut donc que les engrais qui en fournissent plus que les terres, en favorisent l'accumulation dans les végétaux qu'ils nourrissent.

Ces élémens ne peuvent pourtant entrer dans les végétaux que lorsqu'ils sont dissous dans un fluide fort abondant que les plantes doivent sucer: mais la terre ne se dissout que très-difficilement dans l'eau pure & le carbone y est indissoluble. Puis donc,

que les engrais contiennent une grande quantité de matières fermentescibles, & puisqu'ils n'agissent que pendant leur fermentation, qui occasionne un grand dégagement d'acide carbonique ; il faut que cet acide soit arrêté dans son passage par l'humidité du terrain qui le dissout, que cette humidité chargée de ce gaz dissolve quelques atômes de terre, de fer, &c. & que cette humidité sucée par les plantes, y porte avec abondance un aliment succulent ; alors la terre est fixée dans les organes des plantes par les acides végétaux, & l'acide carbonique décomposé par l'intermède de la lumière y laisse son carbone, tandis que l'oxigène, combiné avec le calorique, s'échappe sous la forme de gaz ; ou forme les acides végétaux par ses combinaions, &c.

Cette théorie, qui me paraît simple, & qui se trouve confirmée par l'expérience, puis que les pleurs de la vigne fournissent de l'acide carbonique & de la terre, explique comment les engrais favorisent la végétation en fournissant avec plus d'abondance aux plantes les élémens qui servent à leur développement. On y apprend que les engrais,

tirés des corps organisés, doivent être pourrissans pour donner l'acide carbonique; que les terres chimiques & brûlées sont stériles, parce qu'elles ne peuvent pas concourir à la formation de cet acide puis qu'elles n'ont point de carbone; qu'une trop grande quantité de ces engrais est nuisible, parce qu'une trop grande abondance d'acide carbonique nuit aux racines des plantes comme à leurs tiges; que les terres qui n'ont pas été cultivées ont moins besoin d'engrais, parce qu'il y reste plus de carbone & de terre végétale; que les plantes se développent plus vîte & mieux dans une terre engraissée, parce qu'elles y reçoivent d'abord une plus grande quantité des élémens propres à les nourrir; que les végétaux qui croissent dans un terrain chargé d'engrais ont moins de goût que ceux qui croissent dans des terrains moins riches, parce qu'une végétation trop rapide empêche une combinaison aussi complète lorsqu'elle est prompte, ou parce que les sucs y sont plus délayés; que certains engrais, comme la *poudrette*, donnent un goût particulier aux végétaux qui y croissent, à l'avoine, par exemple, que les chevaux refusent alors

de manger, parce qu'il y a des parties fort subtiles qui se dissolvent dans l'eau du terrain & qui passent avec elle dans la plante : mais je m'arrête, & j'en ai peut-être déjà trop dit ; on m'avait sans doute prévenu dans mes conséquences.

Il serait sans doute curieux de poursuivre dans la plante ces sucs qu'elle tire de la terre, & de voir comment elle forme ses différentes parties solides & fluides ; j'essayerai ailleurs d'aborder ces ténèbres, qui sont d'autant plus profondes que chaque espèce a probablement un procédé particulier, puisque chaque espèce de plantes a des propriétés & des organes différens qu'elle manifeste dans la plantule ; je remarquerai seulement qu'en rapprochant ce que j'ai dit sur la formation des sels, on verra comment la terre fournie par le sol ou par les engrais, contribue à la formation des sels qu'on trouve dans les plantes, comme les sulfates, les nitrates, les muriates & les tartrites, &c.

Après tout ce que je viens de dire, on ne sera pas étonné de trouver le *charbon* parmi les engrais qu'on emploie pour fertiliser les terres, surtout si l'on considère que

les plantes qui effritent le plus le terrain, renferment le plus de charbon comme le bled & l'orge. Young apprend dans ses *Annales d'agriculture*, *part. I.*, que le charbon s'emploie comme engrais, & Rafn montre, dans sa *Physiologie des plantes*, que le charbon fit sur-tout prospérer l'orge dans les mêlanges de terre qu'il avait imaginés pour ses expériences. C'est ainsi qu'on emploie la suie dans le même but; mais je pense que le charbon n'agit que pour produire l'acide carbonique, car, comme je l'ai fait voir, il est indissoluble dans l'eau, & les alkalis seuls ont le pouvoir d'en dissoudre quelques parties.

Les *labours* fertilisent la terre en ramenant à la surface la terre alimentaire & la matière fermentescible placées plus bas que les racines des plantes cultivées; mais les labours sans engrais deviendraient inutiles, parce qu'ils rameneraient enfin une terre aussi appauvrie que celle qui la recouvrait. Les tems de *jachère* fournissent au sol la gélatine, le carbone & la terre alimentaire des plantes qui y ont végété, ils les laissent à la surface avec le carbone, l'acide carbonique & la terre que l'eau & l'air peuvent leur fournir.

Le *sable* & les *pierres* ne donnent, il est vrai, ni carbone, ni gélatine aux sols qu'ils fécondent; mais ils diviseut les terres trop compactes & ils leur facilitent l'accès de la chaleur & de l'acide carbonique de l'air.

Le *gypse* peut agir mécaniquement comme la chaux en se gonflant quand il est humecté, mais il ne produirait cet effet que pendant un moment; je crois donc plutôt qu'il agit comme septique en favorisant la production de l'acide carbonique.

La *chaux* se combine avec différens corps. Kirwan dit que cent parties de chaux attirent vingt-huit parties d'eau; on sait qu'elle s'unit avec l'acide carbonique, qu'elle prévient la corruption, & qu'elle dissout les matières organiques.

On met de l'*argile* dans les terres sabloneuses pour leur donner de la consistance & y retenir l'eau qui y tombe: on combine le sable avec les terres argileuses pour y faciliter l'écoulement des eaux, diminuer leur ténacité, laisser aux racines un chemin plus facile; en un mot pour donner aux plantes les justes proportions d'eau, & de chaleur si nécessaires à une bonne végétation.

C'est sans doute de cette manière que la marne, le gypse, les retailles, les pierres mêmes deviennent des engrais. J'ai vu des champs épierrés devenus moins fertiles, parce qu'ils avaient moins de chaleur. Le Professeur Pictet, dans des expériences faites sur les marnes qu'on trouve près de Genève, a montré que les mêmes particules de marne gonflées par l'eau & desséchées ensuite, se gonflaient de nouveau & se divisaient toujours de la même manière, qu'elles conservaient cette propriété, quoiqu'elles fussent mêlées avec la terre ou avec le sable, & il en conclut, avec raison, que la division des terres était une partie de l'action des marnes sur elles, que ce mouvement continuel rendait l'accès de l'air & de l'eau plus facile, ce qui favorise la fermentation & la formation de l'acide carbonique.

La pluie, la rosée influent sur l'action des engrais en dissolvant la terre alimentaire, en la portant dans les plantes avec l'acide carbonique, en aidant l'action de la lumière & du calorique qui est nulle ou sans énergie lorsque ces moyens ne l'aident pas.

Les *engrais salins* n'ont pas une utilité re-

connue : les bords de la mer sont stériles. Les alkalis paraîtraient plus propres à favoriser la végétation que les acides ; ceux-là se combinent avec les huiles, avec les acides végétaux, ils fournissent l'acide carbonique & dissolvent le carbone. Il paraît pourtant que les sulfates, les nitrates, les muriates qu'on trouve dans la plupart des terrains, peuvent pénétrer les plantes avec l'eau qui les dissout, & comme ces sels ne sont jamais qu'en petite quantité dans les végétaux, on comprend comment ils peuvent y être amenés. Cependant, comme Parmentier & Giobert prouvent que la putréfaction décompose les sels muriatiques, on comprend que ces sels ne peuvent agir dans les engrais qui sont pour l'ordinaire des matières putréfiées.

Giobert prétend que les *matières huileuses* fertilisent la terre, le gaz hydrogène naissant a des affinités qu'il n'a plus quand il est formé, il produit l'ammoniaque avec la mofete, il se combine dans tous les états avec le carbone, enfin les huiles fournissent beaucoup de charbon.

Je dois observer ici généralement, que pour rendre ces recherches plus utiles, il

faudrait pouvoir déterminer par l'expérience la part que le sol, les engrais, l'eau, l'air, la lumière peuvent avoir séparément dans la végétation, de même que par leur concours suivant le programme, vraiment philosophique de l'Institut national, sur cette partie de la physiologie végétale.

CHAPITRE III.

De l'eau.

§. I. *Rapports de l'eau avec les plantes.*

L'EAU est essentielle à la végétation ; il n'y a point de germination sans eau ; les plantes germées comme les adultes périssent quand elles en sont privées. La terre la plus fertile perd sa fécondité, lorsqu'elle est desséchée. On sait au contraire que les plantes terrestres peuvent croître dans l'eau pure, & y vivre long-tems. En général les plantes privées d'eau périssent plutôt que celles qui sont privées d'air ; il ne faut pas même que la sécheresse soit absolue pour produire cet effet : on voit plusieurs plantes se faner, quand elles ont essuyé l'ardeur du soleil d'un jour d'été ; mais on leur rend leur fraîcheur par des arrosemens. L'état des plantes fanées indique la nature du mal qu'elles ressentent ;

leurs vaisseaux sont plus relâchés, parce qu'ils sont moins remplis; l'évaporation qu'elles éprouvent les épuise en surpassant la quantité d'eau que les racines leur fournissent par la suction; mais on rend à ces plantes languissantes leur santé, en humectant leurs racines ou même leurs feuilles, & en leur restituant par ce moyen l'eau qu'elles avaient perdue; alors les vaisseaux gonflés rendent aux feuilles & aux rameaux leur première fermeté. Si l'on pèse une plante fanée, & si on la plonge dans l'eau pure par ses racines, on trouvera au bout de quelque tems que son poids a augmenté & qu'elle a repris sa fraîcheur; on observe la même chose en plaçant une plante semblable dans un lieu humide ou dans un linge mouillé; ce qui prouve que l'eau s'introduit dans les plantes par les suçoirs de leurs racines & les pores de leurs feuilles, pourvu qu'elles communiquent avec l'air de l'atmosphère, car elles y périssent quand cette communication leur est fermée.

Il y a des plantes qui vivent seulement sous l'eau; il y en a d'autres qui sont en partie submergées; j'ai conservé sous l'eau, qui contenait de l'acide carbonique, en ayant soin

soin de la renouveller tous les jours, des feuilles de différens arbres pendant plusieurs mois, elles y rendaient constamment le gaz oxygène quand elles y étaient exposées au soleil. Gouffier a vu les hyacintes se développer & fleurir dans l'eau, quoique l'oignon la touchât seulement par sa pointe, & quoique la partie des racines fût constamment dans l'air. J'ai vu les narcisses fleurir aussi de cette manière; j'ai même remarqué un cayeu de ces oignons qui était hors de l'eau fleurissant dans l'air, tandis que l'oignon mère fleurissait dans l'eau qui recouvrait sa tige. Quand on met ces oignons qui ont poussé leurs tiges & leurs fleurs dans l'eau, de manière que la tige soit dans l'air & la base de l'oignon dans l'eau; on voit ces oignons qui étaient alors sans racines en développer quelquefois, dans l'espace d'une heure, une grande quantité qui acquièrent pendant ce temps une longueur d'un travers de doigt; mais elles ne s'allongèrent pas davantage, parce que les feuilles se flétrirent bientôt dans quelques plantes, & la fleur s'épanouit quelquefois dans d'autres; leurs feuilles fanées, trempées par le bout, ne se rétablirent pas, mais la partie

trempée reprit sa fermeté & la tige fleurit. J'ai vu de même des branches de maronnier d'inde & de pommier se développer dans l'eau & y vivre assez longtems; ce qui prouve encore que les plantes peuvent se nourrir par leurs feuilles dans l'eau chargée d'acide carbonique.

L'eau qui s'évapore des plantes par la transpiration n'est pas pure. Hales, qui l'avait recueillie, remarqua qu'elle se putréfiait plutôt que l'eau commune. J'ai montré qu'elle contenait des particules étrangères, & j'en parlerai en m'occupant de la transpiration des plantes; cependant si l'eau seule nourrissait les végétaux, on n'y trouverait pas le carbone, la terre & le fer, à moins d'imaginer que l'eau peut en renfermer les élémens. Il est vrai que l'eau distillée sert à la végétation des hyacinthes, des jonquilles, des narcisses, &c. Mais il faut avouer aussi que leurs progrès sont d'abord plus lents & les pousses moins belles que dans la terre & dans l'eau de fontaine; il paraît même que si les plantes y végétent, c'est parce que l'eau dissout les enveloppes de l'oignon, & que cette dissolution produit l'acide carbonique; au reste on ralentit en-

core les progrès des oignons dans l'eau distillée quand on la renouvelle tous les jours, & on les ralentirait encore davantage si on la renouvelait toutes les heures. On sait d'ailleurs qu'il y a des oignons qui végétent ainsi en plein air aux dépens de leur propre substance & des alimens que l'air leur fournit. L'oignon de tulipes ne réussit pas dans l'eau, parce qu'il doit reproduire celui de l'année suivante & qu'il n'y est pas suffisamment nourri pour cela; il en est de même des griffes de renoncules; aussi quand les tulipes & les renoncules fleurissent dans l'eau, ce qui est rare, on ne trouve ni griffes, ni cayeux; ce qui prouve que la nourriture donnée par l'eau & l'air, doit se completter encore par celle que la terre peut fournir. Les oignons de hyacinte & de narcisse qui fleurissent dans l'eau ne produisent aucun cayeu, & s'épuisent de manière que la fleur de l'année suivante ne se développe point; ils ont même besoin du séjour d'une année ou deux dans une bonne terre pour se refaire & se mettre en état de fleurir; mais je vais bientôt examiner plus à fond cette question curieuse.

L'analyse chimique apprend que l'eau

forme les $\frac{3}{5}$ & même quelquefois les $\frac{3}{4}$ du poids des plantes ; en les étudiant avec plus de soin, on voit l'eau charrier l'aliment du végétal & devenir une partie de sa substance, avec ce que l'air, à l'aide de la lumière, leur fournit toujours dans toutes les expériences faites dans la mousse humectée ou dans l'eau.

L'eau qu'on retire des plantes en est une partie intégrante, les bois même en fournissent, & toute cette eau ne saurait être le produit d'une nouvelle combinaison, puisqu'on peut en exprimer une grande partie hors des plantes vertes sans l'action du feu, & que la dessication, qui n'est qu'une simple évaporation, en fait reconnaître la quantité dont j'ai parlé.

J'ai déjà remarqué que l'eau peut dissoudre & conduire les terres qu'on trouve dans les plantes avec l'acide carbonique qu'elles élaborent, elle les leur offre alors dans le moment le plus propre pour favoriser le jeu des affinités qui est la grande cause de la composition des végétaux. L'eau tient outre cela les gommes dissoutes, elle s'unit aux substances résino-gommeuses, elle les combine avec les sels qu'elle peut amener, elle dissout même

l'acide carbonique lorsqu'elle est en vapeurs, & c'est ainsi qu'elle pénètre les feuilles & se joint à l'eau que les racines tirent de la terre.

L'eau agit sur les végétaux comme élément & comme mixte, elle entre dans leur composition, elle y porte les matières qui doivent les nourrir; aussi toutes leurs parties en renferment une quantité plus ou moins grande, elle contribue sûrement à leur souplesse, puisque les herbes se rompent facilement quand elles en sont privées.

Cependant les plantes terrestres souffrent dans les années humides ; elles croissent avec trop de rapidité, leurs fluides & leurs solides ne sont pas assez élaborés, les feuilles recevant moins l'action de la lumière sont alors moins vertes, leur évaporation est diminuée & elles annoncent un commencement d'étiolement; mais les effets de la sécheresse & de l'humidité sur les plantes varient suivant leur nature, leur sânté, leur âge, &c. J'ai observé que les plantes fleuries & prêtes à fleurir ont besoin d'une quantité d'eau plus considérable qu'auparavant, & que les jeunes plantes supportent moins bien l'humidité que celles qui sont plus âgées.

L'eau récemment tirée de certains puits est nuisible aux plantes ; quand elle est trop fraîche, elle contribue à leur pourriture ; l'eau de source qui vient de loin est meilleure pour les arrosemens ; celle des étangs est préférable ; mais les eaux croupissantes, l'urine des animaux, les eaux pourries & celles qui sont combinées avec beaucoup de fumier frais sont mauvaises ; cependant l'eau qui a lavé légèrement les fumiers est quelquefois bonne, parce qu'elle amène ce mucilage qu'on trouve dans la terre fertile. J'ai remarqué en général que les eaux qui contenaient beaucoup de terre dissoute étaient malfaisantes, comme toutes celles dont la transparence était fort troublée, parce qu'elles ne pouvaient plus s'insinuer aussi facilement dans les vaisseaux des plantes.

Home a fait voir que les eaux qu'il appelle *dures* étaient nuisibles, parce qu'elles contenaient pour l'ordinaire des sels neutres avec excès d'acide, & qu'on les délivrait de cette qualité délétère en les neutralisant.

Les eaux chargées d'acide carbonique favorisent la végétation, comme Ruckert l'a démontré par des expériences directes. Des plantes mises dans l'eau purgée d'acide car-

bonique poussent plus tard que dans l'eau qui en est chargée. J'ai montré cet acide dans les pleurs de la vigne, & Duhamel, qui ne soupçonnait pas son existence, nous la rend probable par les détails d'une expérience; il avait remarqué que les plantes élevées dans l'eau réussissaient mieux dans les vases qui offraient à l'air une grande surface, que dans ceux qui contenaient la même quantité de ce fluide sous une surface plus petite. Cela ne viendrait-il pas de ce que ces derniers prenaient à l'air une moindre quantité d'acide carbonique, parce qu'ils touchaient l'air par un plus petit nombre de points?

On a observé en Angleterre que le lavage des plantes pouvait leur être utile; il me semble qu'il ne peut produire cet effet qu'en leur enlevant la poussière qui recouvre leur écorce, & désobstruant leurs vaisseaux excrétoires & sécrétoires.

§. II. *L'eau & l'air concourent-ils seuls au développement des plantes?*

Van Helmont, Boyle, Duhamel ont élevé des plantes dans l'eau pure, & les ont conservées pendant plusieurs années, ce qui a

fait croire que l'eau seule pouvait être l'aliment de la végétation. Hassenfratz, dans les *annales de chimie pour* 1792, établit par des expériences aussi ingénieuses que bien faites le concours de l'air & de l'eau comme la seule source de la nutrition des plantes.

Ce chimiste justement célèbre établit que les plantes sont composées de carbone, d'huile, d'eau, d'acide & de cendres; mais il néglige ce dernier produit comme étant peu signifiant, afin de considérer les substances principales qui contribuent le plus à l'accroissement des végétaux. Il croit que le carbone, l'huile, l'eau & l'acide sont composés de carbone, d'hydrogène & d'oxygène, que ces trois substances sont les premiers élémens des plantes, & que les proportions de ces élémens varient dans les différentes espèces. Ce chimiste croit même qu'il y a des circonstances, où l'accroissement des végétaux pourrait être le résultat de la combinaison d'une seule de ces substances. Ainsi, par exemple, le carbone des plantes végétant dans l'air ou dans l'eau se transporterait par le moyen de l'eau dans toutes leurs parties, où il se combinerait suivant leur

nature, avec l'hydrogène & l'oxygène provenant de la décomposition de l'eau, & concourrait ainsi à l'accroissement de la plante qui serait seulement alors le produit de l'hydrogène & de l'oxygène unis avec elle.

Cette théorie vraiment séduisante suppose la décomposition de l'eau, dont je parlerai bientôt, & la dissolution du carbone dans l'eau; mais l'expérience semble montrer que cette dissolution ne peut se faire dans les plantes par les moyens connus, d'une manière qui puisse remplir ce but; si l'on regarde l'eau de fumier comme une dissolution de carbone dans l'eau, je puis assurer que les plantes ou leurs parties plongées dans cette eau n'en tirent pas une quantité perceptible, & qu'elles y ont bientôt péri; elles ont à la vérité vécu plus long-tems, quand cette infusion était étendue d'eau; mais elles y ont toujours péri plutôt que dans l'eau commune, quelle que fût la quantité d'eau de fumier mêlée avec la dernière. Enfin, si les plantes végétant dans l'eau pure ont vécu aux dépens du carbone qu'elles contenaient, ne serait-on pas forcé d'admettre que le chêne de Duhamel qui a végété pendant huit ans

dans l'eau, a trouvé dans le gland seul d'où il est sorti presque tout le carbone existant dans ses feuilles qui sont tombées huit fois de même que dans le bois & les racines qui se sont formés ?

Il me paraît assez naturel d'amener le carbone dans les plantes par le moyen de l'acide carbonique dissous dans l'eau, & sucé avec elle par les feuilles ou les racines, & décomposé ensuite par l'action de la lumière, comme je l'ai rendu très-probable dans un mémoire du *journal de physique pour* 1792, & comme je le ferai voir dans la suite de cet ouvrage.

Hassenfratz regarde l'expérience de Van Helmont comme étant peu signifiante, parce que cet ancien chimiste n'avait pas mesuré les proportions de carbone, d'oxygène & d'hydrogène de la branche de saule avant & après l'expérience. Cette attention aurait sans doute rendu le résultat plus instructif; mais l'augmentation seule du poids de cette branche pendant son séjour dans l'eau était bien propre à faire penser, en montrant la grande influence de l'eau pour la production des fluides & des solides qui formaient son développement; & comme nous savons aujourd'hui qu'ils sont composés de carbone,

d'oxygène, d'hydrogène, d'azote & de terre, il est clair que ces élémens doivent avoir concouru, par leur accumulation, à la composition de ces nouveaux fluides & solides.

Hassenfratz observe ensuite avec raison que les expériences de Tillet ne prouvent rien parce que les pots pleins de terre que celui-ci employa pour la végétation de ses plantes communiquaient avec le sol par les trous faits à leur base.

Ce chimiste habile a refait ces expériences avec le scrupule de la chimie moderne. Il employa des hyacintes, des haricots, du cresson; il pesa séparément chaque plante, il chercha la quantité de leur carbone, de leur hydrogène &c. Il en conclut la quantité moyenne pour des poids donnés. Les plantes mises dans l'eau végétèrent, fleurirent sans donner aucune graine; il analysa ensuite ces plantes après leur dessication, & il trouva que celles qui étaient crûes dans l'eau contenaient *un peu moins* de leur quantité moyenne de carbone; il conclut alors que l'eau se combinait avec les parties de l'oignon ou de la graine qui fournissent le carbone à toutes les parties de la plante développée, & que

la petite addition de carbone trouvée dans les plantes végétant en pleine terre, leur est fournie par la terre où elles étaient.

Je suis accoutumé d'applaudir aux brillans succès de Hassenfratz, aussi je me borne à présenter ici quelques doutes qui peuvent mériter quelqu'attention. J'observerai d'abord que la menthe fleurit dans l'eau, quelle y donna des graines, mais qu'elles furent stériles. Je répétai l'expérience avec des pois de jardin qui germèrent dans l'eau, végétèrent dans l'eau, donnèrent leurs fleurs & leurs graines comme ceux qui étaient en pleine terre, & ces graines germèrent ensuite en terre comme les autres. Ne serait-il pas nécessaire pour augmenter la probabilité de cette opinion de montrer que la quantité du charbon contenue dans la graine ou dans l'oignon est toujours égale à la quantité du charbon contenue dans la plante développée? & même qu'elle égale la production répétée de plusieurs oignons qui subsistent en terre & donnent des fleurs pendant plusieurs années, tandis qu'ils périssent ou ne fleurissent plus quand ils ont été dans l'eau? Ne faudrait-il pas que la quantité du charbon fût beaucoup plus considérable

encore dans la graine & l'oignon, puisque l'acide carbonique s'échappe presque toujours des végétaux vivans ? La graine des plantes aquatiques ne devrait-elle pas contenir tout le carbone que la plante & ses graines auront ? Ne paraitrait-il pas qu'une quantité *un peu moins grande* de carbone dans les plantes végétant dans l'eau n'est pas suffisante pour établir une conséquence aussi capitale & aussi générale, sur-tout quand on voit la grande probabilité d'introduire une quantité suffisante de carbone dans les végétaux avec l'acide carbonique dissous dans l'eau & aspiré par leurs racines ou leurs feuilles ? Enfin peut-on renoncer à croire la présence de la terre dans les plantes après les expériences rapportées dans le chapitre précédent ?

Kirwan dans le mémoire déjà cité analyse l'expérience de Vanhelmont d'une manière qui me paraît lumineuse. Ce chimiste planta un saule pesant 2,446 kilogrammes ou 5 livres, il l'arrosa avec l'eau distillée, au bout de 5 ans le saule pesait 82,666 kilogrammes ou 169 livres, la terre pesée & séchée avait pesé, 122,287 grammes ou 4 onces. Le philosophe anglais observe avec raison qu'il était difficile

dans les deux cas d'avoir la même sécheresse de la terre ; qu'on ne tenait dans ce calcul aucun compte des feuilles tombées & des racines péries ; qu'un vase de terre non vernissé suce l'eau & la terre par ses pores comme par le trou qui est au fond, & que le vase pour recevoir l'eau de pluie était placé en terre. Il remarque ensuite que ce saule prit un accroissement de 13,2069 hectogrammes ou 2,7 livres, qu'il aurait tiré au moins son poids d'eau par jour, & comme Margraf a prouvé que l'eau de pluie offre 17,69 milligrammes ou $\frac{1}{3}$ de grain de terre dans 849,146 grammes ou une livre, il s'ensuit donc qu'au bout des premiers 6 mois le saule aurait reçu en terre un poids de 13,925 grammes ou 300 grains & une augmentation de 15,653 kilogrammes ou 32 livres ; à la fin de la seconde année ce poids serait en terre de 117,828 grammes ou 2220 grains, à la fin de la troisième de 219,734 grammes ou 4140 grains, à la fin de la quatrième de 321,638 grammes ou 6060 grains ; à la fin de la cinquième 1,271 kilogramme ou 23940 grains ; ce qui est à-peu-près la quantité de terre que les saules donnent par la combustion

comme on le sait par les expériences que les commissaires sur les salpêtres ont faites; il paraît donc que l'eau voiture dans les plantes une quantité de terre proportionnelle à celle que l'eau doit y porter; ce qui montre encore que le charbon formait une grande partie du poids de cet arbre & qu'il devait être le produit du carbone qui lui arrivait du dehors.

§. III. *L'eau se décompose-t-elle dans les plantes ?*

Cette question extrêmement importante pour la physiologie végétale mérite une singulière attention, l'intérêt qu'elle doit inspirer sera encore augmenté quand on considérera toutes les difficultés qui l'environnent.

La distillation des végétaux ou plutôt leur analyse par le feu fournit une grande quantité de gaz hydrogène carboné, mais comme ils contiennent de l'huile, des résines & de l'eau, il est probable que cet hydrogène uni au carbone est le produit de leur décomposition; on peut dire la même chose du gaz hydrogène manifesté dans les fermen-

tations avancées des végétaux & dans les inflammations spontanées des matières végétales & huileuses que les amas de foin, de farine, & de toiles huilées ont fait observer quelquefois ; on reconnaît au moins l'existence de l'hydrogène dans les huiles & dans l'eau.

Il faut pourtant remarquer aussi que Lavoisier n'a pu découvrir un atome de gaz hydrogène dans sa belle analyse du vin qui fermente, que je n'en ai jamais apperçu dans l'air fourni par les feuilles saines exposées sous l'eau au soleil, que je n'ai pu par aucun moyen en obtenir de l'eau au degré de notre température ou même de 40 & 50° de chaleur, lorsqu'elle était unie avec des matières végétales. On sait à la vérité que les champignons donnent du gaz hydrogène, mais comme ils sont alors renfermés sous des récipiens, comme ils y sont exposés à une grande humidité, & comme ils se pourrissent très-vîte, on pourrait soupçonner que ce gaz hydrogène est un produit de la décomposition de l'eau par la fermentation ; on se le persuade d'autant mieux que les champignons absorbent alors une grande quantité de gaz oxygène, de sorte que l'on est forcé de conclure que jusques à présent

à présent il n'y a point d'expériences directes propres à établir la décomposition de l'eau telle qu'on peut l'entendre dans la végétation, & par conséquent qu'il n'y a point de formation de gaz hydrogène par son moyen. Il y a pourtant des graines submergées comme les pois qui donnent du gaz hydrogène en germant, suivant les expériences de Huber; mais, quoique la fermentation de la graine soit alors certaine, on ne peut nier que ce gaz hydrogène ne soit un produit de la décomposition de l'eau, & que la graine qui le fournit ne soit en pleine végétation, puisque la plumule & la radicule sont sorties de leurs enveloppes.

On trouve cependant le gaz hydrogène combiné dans les végétaux, puisqu'ils contiennent des matières huileuses & résineuses, dont il est un des élémens; il y est même combiné avec le carbone, & l'on sait que ces deux substances ont entr'elles une grande affinité; enfin les expériences des physiciens hollandais nous apprennent que l'huile peut se former & se forme réellement par la combinaison du gaz hydrogène avec le carbone. Dirai-je que l'huile de térébentine qui est un produit très-voisin des produits naturels

des plantes, laisse échapper spontanément le gaz hydrogène carboné, & que les émanations de quelques plantes, comme celles de la fraxinelle, sont inflammables; mais, quoi qu'il en soit, il me semble assez probable que le gaz hydrogène existe dans les plantes, quoique l'on puisse pourtant toujours dire que les produits de gaz hydrogène qu'on obtient des huiles, des résines, &c. sont l'effet naturel de la décomposition de l'eau contenue dans ces mixtes, & combinée en eux d'une manière qu'on ne connaît pas; cependant, comme l'analyse des matières où se trouve le gaz hydrogène ne laisse apercevoir aucune trace d'oxygène dont il y a pourtant 85 parties dans l'eau pour 15 d'hydrogène; il faut conclure qu'il est probable que l'hydrogène est en nature dans les huiles & les résines; d'autant plus que pendant la décomposition de l'eau, l'oxygène peut s'être échappé, ou sous la forme de gaz oxygène, en se combinant avec le calorique, ou s'être uni dans le végétal avec toutes les substances qui peuvent avoir avec lui de l'affinité, comme le carbone, pour donner naissance à l'acide carbonique, pour former avec lui les acides

végétaux, pour résinifier les huiles, ou quitter la plante elle-même sous sa forme gaseuse en s'échappant parses po res, &c.

Dans ces suppositions qui ne sont pas sans fond ement, il faut bien que le gaz hydrogène soit amené dans la plante par quelques moyens, & je ne vois que l'eau qui puisse le produire par sa décomposition; comment pourrait-il se former autrement dans les plantes aquatiques, qui contiennent des matières huileuses & résineuses que l'esprit de vin ou l'éther en extrayent sans l'action du feu ? Il est vrai qu'on peut répondre à tout ceci : mais, comment l'eau se décompose-t-elle dans les végétaux, sans l'action d'une forte chaleur ? je répondrai que je l'ignore, comme j'ignore la cause de l'existence de tant d'autres faits dont je suis certain ; mais j'observerai pourtant que je connais la décomposition de l'eau opérée par la voie humide sans chaleur apparente ; ainsi, par exemple, le fer & sur-tout le zinc mis dans l'eau distillée la décomposent à la température de l'atmosphère, d'une manière prompte & qui n'est pas équivoque ; on voit le gaz hydrogène carboné s'échapper des matières qui fermen-

tent à une chaleur qui n'est pas toujours supérieure à celle de l'atmosphère ; nous ignorons sûrement comment s'opèrent ces productions ; mais nous ne pouvons pas les mettre en doute, & nous pouvons soupçonner sans absurdité qu'elles s'opèrent de même dans les plantes où l'on est presque forcé de voir une espèce de fermentation continuelle.

Si les choses se passent ainsi, on doit croire que l'eau se décompose quand les élémens huileux se réunissent, peut-être le carbone contenu dans le parenchyme a, dans de certaines circonstances, plus d'affinité avec l'hydrogène qu'avec le gaz oxygène, & la supposition n'est pas absolument absurde, puisque le gaz hydrogène retiré des plantes est toujours carboné ; je n'ai pourtant jamais vu le charbon décomposer l'eau à une température ordinaire, quoique Gengembre l'ait observé à une température de 30°. Cette décomposition se ferait donc dans cette hypothèse pendant que les sucs propres se préparent, alors l'acide carbonique se décompose, & il fournit le carbone qui en est une partie constituante avec l'oxygène nécessaire pour suivre l'analogie de l'expérience des chimistes Hollandais.

En général, le moment où les élémens des gaz sont dans leurs affinités les plus vives, est celui où leur union doit s'opérer, pour composer les substances dont ils sont les parties intégrantes, & l'expérience apprend que c'est celui où ils se séparent d'un corps qu'ils concouraient à former, & où ils se trouvaient dans la plus grande pureté ou dans leur *état naissant*, pour me servir d'une expression de Priestley. Je donnerai des idées plus précises sur ce sujet, en parlant de la germination

CHAPITRE IV.

De la pluie, de la rosée & des brouillards.

ON ne peut parler de l'eau relativement aux plantes, sans penser à la pluie, à la rosée & aux brouillards qui doivent avoir une influence particulière sur la végétation.

§. I. *De la pluie.*

La pluie influe sur la végétation comme les autres eaux; elle est la source des celles qui font végéter les plantes éloignées des eaux courantes; elle se charge de l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère; elle prend celui qui se développe à la surface de la terre; elle dissout, par son moyen, les parties terreuses nécessaires pour alimenter les plantes; elle excite la germination par la fermentation qu'elle favorise; elle pénétre les feuilles qu'elle humecte; elle dispose à la pourriture les corps putrescibles; elle rend les élémens des corps organisés qui sont morts à la circulation générale.

La pluie, aidée de la chaleur, ranime les

plantes engourdies, en leur fournissant des élémens qu'elles peuvent élaborer; elle augmente leurs moyens de supporter l'ardeur du soleil, en leur facilitant une évaporation qui les débarrasse d'un calorique surabondant; elle leur enlève une poussière qui obstruerait leurs pores excrétoires. Desaussure, dans un mémoire lu à la Société d'histoire naturelle de Genève dans l'an V, prouve par diverses observations, qu'une sécheresse remarquable dans l'air précédait les pluies d'orage, & il y trouve la cause des grands progrès que les plantes font, sur-tout dans ce moment : il remarque ingénieusement que la sécheresse de l'air qui précède ces pluies rend les plantes flasques & souffrantes, mais que lorsque ces pluies tombent, les plantes reçoivent, avec l'eau qu'elles sucent par leurs feuilles & leurs racines, une grande quantité d'acide carbonique qui y est dissoute; ayant alors, dans le même moment, une plus grande quantité de parties alimentaires à s'approprier, elles doivent nécessairement se développer davantage.

Margraf, qui a fait l'analyse de l'eau de la pluie & de la neige, a découvert qu'elle

contenait une quantité sensible de terre calcaire, de nitrate de potasse & de muriate de soude ; on sera moins étonné de trouver cette terre dans l'eau, quand on saura que l'eau rendue par l'évaporation des plantes en contient une quantité remarquable; c'est peut-être cette eau évaporée hors des végétaux qui fournit ainsi la terre de l'eau de la pluie ; j'en ai au moins toujours observé une quantité appréciable.

Hassenfratz a bien prouvé, dans le numéro IV du Journal polytechnique, que la neige empêchait les plantes d'être attaquées par le froid, & qu'elle fournissait aux végétaux, en se fondant, une humidité continuelle qui procure un aliment nécessaire à leur nutrition & à l'entretien de leur force & de leur vigueur. Il montre encore que la neige favorise la germination des graines & augmente le nombre des plantes qu'elle couvre par le gaz oxygène qu'elle contient. Il me semble qu'on n'a pas fait assez d'attention à la quantité de gaz oxygène contenue dans les eaux, & à la facilité qu'elles ont pour en prendre ; il est évident que toutes les eaux où les poissons vivent doivent en contenir,

de même que toutes celles qui renferment des insectes, les uns & les autres ne sauraient respirer sans lui. Ce gaz oxygène n'est pas moins nécessaire pour la germination des graines des plantes aquatiques, qui pourrissent dans l'eau bouillie lorsqu'elle est bien fermée dans des vases pleins; il n'est pas moins utile pour y former le gaz acide carbonique, indispensable pour alimenter les plantes subaquées; mais on dégage le gaz oxygène des eaux distillées quand elles ont été exposées à l'air; on le trouve dans toutes les eaux de sources, de rivières & de lacs; on le trouve surtout abondamment dans les eaux qui s'échappent de nos glaciers, ce qui confirme la découverte heureuse de Hassenfratz. Giobert a montré dans sa belle analyse des eaux du Vaudier, quelles contenaient beaucoup de gaz oxygène, & Paul, cet habile mécanicien de notre ville, est parvenu à charger l'eau distillée d'un volume de gaz oxygène très-pur, au moins égal au sien, comme j'ai eu l'occasion de le vérifier.

La pluie nuit pourtant aux plantes, par son abondance & sa longueur, en leur fournissant une séve trop aqueuse qui les gonfle

sans se renouveller suffisamment, parce que les causes évaporantes sont alors fort diminuées, & que l'air est fort humide ; mais la pluie nuit surtout aux plantes en fleurs en devenant un obstacle à la fructification, par son action sur les poussières & sur le pistil dont elle diminue l'énergie.

§. II. *De la rosée.*

L'eau de la rosée est impure & variable dans son impureté, elle contient tout ce qui peut se volatiliser avec elle ; elle est remarquable par son abondance dans nos climats, qui ne saurait se comparer pour sa quantité avec celle qui se fait appercevoir dans des climats plus chauds & sur-tout sous la Zone torride, où elle remplace pour les végétaux la pluie qui ne tombe pas dans ces lieux brûlés par un soleil ardent. Hales estime que l'eau de la rosée formerait au moins, dans une année, sur toute la terre, une masse d'eau qui la couvrirait à la hauteur de huit centimètres ou trois pouces ; mais je crois qu'il a fait son calcul au rabais,

On trouve souvent, le soir & le matin, les feuilles des plantes couvertes de bulles

d'eau, les Physiciens ne sont point d'accord sur leur origine ; les uns les attribuent à une sécrétion particulière de la plante ; les autres n'y voient que le dépôt de la rosée ; ces incertitudes m'engagèrent à suivre ce phénomène curieux ; je vais donner ici un résultat de mes recherches.

Muschembroeck, au paragraphe 2345 de son *Cours de physique*, soutient que les gouttes d'eau observées sur les feuilles des plantes ne sont qu'une excrétion de la plante ; Gersten, dans son *Tentamen de Rore*, assure qu'il a apperçu des gouttelettes d'eau sur les poils de l'ortie renfermée sous un récipient, où un papier huilé empêchait sa communication avec la terre, il remarqua dans les mêmes circonstances des gouttes d'eau sur la pointe de la feuille d'un chien-dent. Guettard a vérifié ce fait sur l'orge, le millet, l'alpiste, & il s'est assuré par des expériences que cette goutte sortait d'une glande placée sous elle, comme on le voit dans les *Mémoires de l'Académie de Paris pour* 1751. Le tamarisc, dont la surface est parsemée de glandes vésiculaires, se couvre d'une liqueur limpide & salée, qui humecte la main & frappe le goût.

Les soies de la *martinia* sont terminées par les gouttelettes d'une humeur visqueuse & odorante. Les feuilles du pois chiche, suivant l'observation de Deyeux, sont toujours couvertes d'une rosée acide qui s'attache aux doigts. Hedwig, dans ses *Sammlung*, dit que l'on se tromperait si l'on attribuait seulement à la rosée les gouttes d'eau trouvées sur les feuilles, & il s'appuie sur des observations faites sur les feuilles du pavot, celles de l'*arum colocasia* & du froment, il apprend que les gouttes trouvées sur les bords de la feuille du pavot, sont placées autour de la réunion des vaisseaux qui forment ses bords, que l'on observe la même chose sur le froment. Le célèbre Desfontaines, dans ses leçons de botanique faites au Musæum d'histoire naturelle, rapportées dans la *Décade philosophique* & dans les *Annales de botanique* VI partie, dit expressément que les gouttelettes apperçues sur les feuilles & les tiges de la plupart des plantes, sont filtrées, au moins en grande partie, dans les mammelons ou glandes sur lesquels les poils sont implantés. Les liqueurs acides ne sauraient être un produit de la rosée, à

moins que cette eau ne dissolve un sel de cette espèce ; la matière visqueuse de quelques plantes est une transpiration sensible qui se fait pendant le jour comme pendant la nuit. Enfin, Benedict Prevost, bien connu par ses expériences ingénieuses sur les odeurs, m'a communiqué une suite d'observations & d'expériences sur ce sujet qui établissent que ces gouttes sont une vraie excrétion des feuilles de quelques plantes, qui s'opère sur-tout dans leurs bords, & qui doit se préparer dans des organes particuliers disposés sur ces parties.

Il me semble à présent que cette sécrétion particulières des feuilles de quelques plantes ne saurait être révoquée en doute, & qu'on ne peut la regarder comme le produit de la rosée ; mais je ne puis croire aussi que la plus grande partie des gouttes qu'on observe sur la surface des plantes & de leurs feuilles soit un effet de cette excrétion : voici les expériences qui m'engagent à regarder celles-ci comme un dépôt de la rosée.

On sait que la transpiration des plantes est très-faible pendant la nuit, de manière que les feuilles seraient alors beaucoup plus mouil-

lées qu'elles ne devraient l'être par ce moyen ; d'ailleurs comme on observe ces gouttes dans les nuits les plus chaudes de l'été & dans les climats les plus brûlans, cette chaleur de l'air devrait dissiper la transpiration insensible, comme elle la dissipe au printemps, dans des jours où le soleil ne fait monter le mercure du thermomètre qu'à 12 ou 15° ; il y a pourtant des nuits chaudes où l'on n'apperçoit pas ces gouttes. Enfin, les plantes fanées par la chaleur d'un soleil brûlant reprennent leur fraîcheur pendant la nuit lorsqu'elles sont couvertes par ces gouttes, comme lorsqu'on les place dans des éponges mouillées, quoiqu'il soit bien démontré que la suction des plantes par leurs racines est alors très-faible ; mais sans entrer dans d'autres considérations aussi pressantes, voici quelques expériences qui me semblent décider la question.

Je fis ces expériences sur des feuilles de choux où ces gouttes paraissent très-sensibles. Je plantai plusieurs choux dans des vases & quand je fus assuré qu'ils végétaient vigoureusement, je commençai à les étudier sous ce point de vue.

J'enfermai un de ces choux sous un récipient de verre pendant le jour, & quoique son atmosphère fût saturé d'humidité, puisque l'eau ruisselait sur les parois du récipient, je n'apperçus aucune goutte d'eau sur les feuilles; je fis la même expérience pendant la nuit & j'eus le même résultat. Je plaçai un vase semblable découvert sur la fenêtre de ma chambre, qui donnait sur la grande rue de Rolle qui est fort large, & qui est séparée du jardin par la maison, les feuilles du choux furent sans gouttes sur la fenêtre, elles en étaient couvertes dans les vases du jardin. Je transportai avec soin, à dix heures du soir, un vase dont les feuilles de choux étaient couvertes de rosée, je le plaçai sur ma fenêtre; je trouvai le matin, à cinq heures, les gouttes dissipées, quoiqu'au jardin les feuilles de choux en fussent couvertes. Enfin, je mis des choux semblables, chargés de gouttes d'eau sur ma fenêtre, je couvris les uns avec des récipiens remplis de l'air sec de ma chambre, & les autres avec des récipiens pleins d'un air que j'avais humecté en y agitant de l'eau; le lendemain matin je trouvai les gouttes des premiers un peu di-

minuées & celles des seconds sensiblement augmentées.

J'ai rendu ces expériences plus complettes en les faisant en pleine terre. J'environnai quelques choux avec des briques cuites, je remplis les petits intervalles qui étaient entr'elles avec de la paille bien séche, je les couvris avec de grandes cloches de meſons faites avec des carreaux de verre liés entr'eux par des lames de plomb, quelques-unes de ces cloches avaient tous leurs carreaux entiers, il y en avait d'autres où il manquait un ou plusieurs de ces carreaux; je les plaçai toutes avant le coucher du soleil; le lendemain matin je remarquai que les feuilles de choux couverts avec des cloches entières n'avaient point de gouttes & que leur nombre y augmentait à mesure que les carreaux cassés des autres cloches étaient plus nombreux & plus grands; j'avais eu soin de laisser sortir une feuille d'une de ces cloches qui n'avait qu'une ouverture, & cette feuille fut la seule couverte de gouttelettes; enfin des feuilles sechées au point de se briser quand on les plioit un peu, furent tapissées de gouttes sur le récipient qui couvrait

vrait un chou où il n'y en avait point, & ces gouttes étaient parfaitement semblables à celles que je voyais sur les choux en pleine terre ; quoiqu'il fût impossible d'imaginer la moindre organisation végétante dans les premiers. J'abrège, & je finis en rapportant cette expérience, dans un jour où je vis le thermomètre à 23° à l'ombre, & où j'avais couvert, le matin, un de mes choux planté dans un vase sous un récipient, je portai à trois heures le vase où le thermomètre montrait 27 à 28°, & où je n'avais apperçu aucune goutte sur les feuilles, dans un lieu où le thermomètre ne montrait que le 14°, & je trouvai, au bout de six heures, que les feuilles étaient couvertes de gouttes d'eau. D'après ces expériences, & sans entrer dans de plus grands détails que je ferai connaître ailleurs, je crois qu'on peut conclure solidement que le grand nombre des gouttes observées le matin sur les feuilles, est un dépôt de la rosée, occasionné par la perte du calorique que fait l'eau dissoute dans l'air, lorsqu'elle touche un corps meilleur conducteur de chaleur que lui ; elle se réunit alors en gouttes, parce que les parties de l'eau ont

plus d'affinité entr'elles qu'elles n'en ont avec la fleur qui recouvre les feuilles, & qu'elles se placent d'une manière déterminée suivant les différens plans que les nervures des feuilles peuvent former sur elles.

J'ai cru nécessaire d'analyser l'eau de la rosée j'en ai recueilli en divers tems avec des linges que je faisais traîner sur des prairies & que j'exprimais dans des vases de verre; mais la couleur olivâtre de ces eaux m'a toujours fait craindre leur mêlange avec la partie colorante des feuilles & leurs excrétions particulières. Je pensai cependant que cette eau serait la plus pure possible en la recueillant au mois de germinal dans un tems très-sec, au moment où les prés commencent à pousser J'ai analysé cette eau comme celle de l'été, & j'ai trouvé que celle-ci contenait dans cette saison une plus grande quantité de matières étrangères qu'au printems. Je voulais recueillir la rosée avec des éponges, mais je n'ai jamais pu les délivrer entièrement de leur muriate de soude par des ébullitions réitérées dans de grandes quantités d'eau.

Je versai dans un flacon une quantité d'eau de la rosée, je le remplis avec de l'eau de

chaux & je le fermai, il se fit d'abord un précipité floconeux qui était une matière mucilagineuse ; j'y versai le lendemain une goutte d'acide sulfurique, qui occasionna une effervescence sensible, ou le dégagement de l'acide carbonique pris par la chaux. Si l'on fait cette expérience avec l'eau de la rosée filtrée, le dégagement de l'acide carbonique est moins remarquable. Morozzo avait déjà observé l'acide carbonique dans la rosée, il avait vu comme Berthollet qu'elle rougissait le papier bleu pour un moment ; enfin les feuilles vertes exposées dans cette eau au soleil donnent du gaz oxygène comme dans l'eau de source dont je me suis servi.

Je fis évaporer 3,791 kilogrammes ou 124 onces de cette eau après l'avoir filtrée, j'obtins un résidu sec pesant 2,276 grammes ou 42 grains $\frac{7}{8}$ que je mis dans l'esprit de vin, il resta 603,74 milligrammes ou 11 grains $\frac{3}{8}$. Le vinaigre versé sur ce dernier produit ne laissa que 421,29 milligrammes ou 7 grains $\frac{15}{16}$ qui me parurent un sulfate de chaux, dont la chaux se précipita en y versant quelques gouttes d'une dissolution de potasse ; mais je refis le sulfate de chaux en y versant l'acide

sulfurique. La partie dissoute dans l'esprit de vin contenait une espèce de résine avec le muriate de chaux.

En traitant cette eau par la voie humide, le muriate barytique précipita un sulfate barytique ; le nitrate d'argent y forma des filandres & un précipité qui noircit à la lumière. Enfin l'acide du sucre occasionna un précipité considérable.

Cette eau se gâta dans le printems au bout de trois jours.

Cette analyse de la rosée montre qu'elle dissout divers sels avec la terre calcaire. J'ai voulu recueillir cette rosée avec plus de soin ; un jour d'été qu'il en était beaucoup tombé, je versai dans un vase l'eau qui était sur des feuilles de choux, je lui trouvai une couleur verdâtre, je la filtrai, j'en fis évaporer 535,007 grammes ou 17 onces $\frac{1}{2}$ qui me fournirent un résidu de 119,42 milligrammes ou 2 grains $\frac{1}{4}$; l'esprit de vin en dissout 66,34 milligrammes ou un grain & $\frac{1}{4}$, & le reste fut complétement dissous dans le vinaigre ; il y a eu certainement une différence bien grande dans les produits, ce qui ne peut provenir que de la manière dont

l'eau a été recueillie ou de l'influence de la saison qui occasionnait alors une rosée beaucoup plus abondante & par conséquent plus délayée.

Si cette analyse laisse soupçonner différens sels dans la rosée avec la terre calcaire, Pallas dans son voyage fortifie la probabilité de ce soupçon en apprenant que la rosée est fort salée à Gourief & à Ottanor, que les roseaux y sont chargés de perles d'eau d'une couleur laiteuse & d'un goût salin; mais ce pays est couvert de sources salées. Il n'est pas étonnant que l'eau de la rosée soit impure, puisque l'eau évaporée des plantes l'est aussi comme je l'ai fait voir.

La rosée humecte les plantes, les rafraîchit par l'évaporation qui l'accompagne, leur fournit une partie de l'acide carbonique qu'elles doivent élaborer dans l'eau qu'elles sucent par leurs feuilles & leurs racines, leur rend pendant la nuit une partie de la lymphe évaporée pendant le jour. Entre les tropiques la rosée remplace la pluie & féconde ces terrains arides où il ne pleut jamais.

La rosée peut nuire aux plantes par le dépôt qu'elle laisse sur leurs feuilles & leurs

fleurs ; comme elle varie dans son impureté, elle peut varier aussi par son degré de malfaisance ; elle fait encore du mal aux végétaux par le froid que l'évaporation augmente dans certains cas ; ce qui leur occasionne quelquefois des ulcères ; elle amène toujours la pourriture des fruits lors qu'ils sont mûrs, & hâte leur maturité quand ils ne le sont pas.

§. III. *Des brouillards.*

Les brouillards enveloppent les végétaux ; ils mouillent la terre & les plantes ; cette eau comme celle de la rosée qu'ils représentent sous une autre forme n'est pas pure, ils contiennent souvent beaucoup d'acide carbonique, & ils annoncent quelquefois des corps étrangers à l'eau par leur odeur.

Les brouillards nuisent aux plantes, en empêchant leur évaporation, en ralentissant le renouvellement de leurs sucs, en interceptant l'action de la lumière. Ils pourraient être utiles ou nuisibles comme conducteurs de l'électricité, en supposant que celle-ci influe sur la végétation.

Les brouillards hâtent la maturité des fruits

& leur pourriture en diminuant leur évaporation, en augmentant l'humeur aqueuse qui les rend plus fermentescibles lorsqu'elle croupit. Les fruits prennent alors un accroissement rapide qui occasionne des crevasses à leur peau; l'air y pénètre & donne une nouvelle impulsion au mouvement fermentant déjà développé qui favorise leur pourriture.

Si les brouillards n'étaient composés que d'eau pure, ils nuiraient seulement aux plantes par leur humidité; mais il y en a qui ont quelque chose d'onctueux, ceux-ci ferment les pores transpirateurs & absorbans, & ils suspendent ainsi une sécrétion & une excrétion nécessaire à leur développement.

CHAPITRE V.

De l'air.

§. I. *Influence générale de l'air sur les végétaux.*

AVANT de traiter ce sujet, je dois observer que les résultats tirés des expériences faites dans de petits récipiens, sont peu concluans, parce que l'air y est trop vîte altéré, & que la plante n'est pas à son aise dans cette clôture, soit par l'altération que l'air lui-même éprouve, soit par la grande humidité qu'il contracte & qui est évidemment nuisible à toutes les parties végétales qu'elle relâche considérablement, qu'elle dissout en partie, & qu'elle fait souvent fermenter. Il est pourtant presque impossible de garantir les plantes de cette humidité, parce qu'elles transpirent beaucoup, & parce qu'on ne pourrait leur donner un air parfaitement sec sans leur

nuire essentiellement. Il paraît donc qu'on ne peut tirer que quelques inductions des circonstances extrêmes ; il faut même apporter une singulière circonspection, lorsqu'on les forme ; on s'apperçoit au moins bientôt que l'action de l'air sur les plantes n'étant pas instantanée pour nous, on ne peut saisir que quelques nuances de l'effet qu'elle produit.

Il paraît d'abord que la diminution du poids de l'air & de sa densité sur les montagnes influe sur la constitution des plantes qui y croissent. Plusieurs plantes alpines ont une taille beaucoup plus haute dans la plaine, leur couleur, leur villosité, &c. changent ; mais comme le climat, le sol, l'illumination &c. ne sont plus les mêmes, il est bien difficile de caractériser l'influence que la pesanteur & la densité de l'air peuvent avoir.

L'air agit encore sur les plantes comme un milieu qui leur transmet l'eau dans les vapeurs qu'il contient, l'acide carbonique que celles-ci dissolvent, la chaleur & divers autres fluides connus & inconnus. On sait qu'une atmosphère qui serait long-tems parfaitement séche tuerait les plantes en les desséchant, & en les privant d'un aliment qui

leur est nécessaire ; tout comme une atmosphère constamment humide en ferait périr un grand nombre ; il arriverait la même chose aux végétaux placés dans une atmosphère privée d'acide carbonique ; enfin l'on peut croire que comme l'air est un mauvais conducteur de chaleur, il la conserve plus ou moins dans les végétaux, suivant le degré d'humidité où il se trouve.

Enfin l'air considéré comme le théâtre des phénomènes météorologiques a de grands rapports avec la végétation, on connait bien ceux de la pluie, de la rosée, des brouillards. Il paraît de même que les vents influent sur les plantes par l'ébranlement qu'ils leur causent, le renouvellement de l'atmosphère qu'ils occasionnent, l'évaporation qu'ils favorisent &c.

Le concours de l'air avec les autres élémens est indispensable dans la végétation ; sans lui les graines ne sauraient germer, comme je le prouverai. Huyghens & Papin ont fait des expériences sur les plantes tenues dans le vide, on les lit dans les *transactions philosophiques* N°. 120. Une tige de baume mise sous un récipient, de manière qne sa racine en fût dehors sous l'eau, pendant qu'on faisait

le vide; placée ensuite sous l'eau avec le récipient pour empêcher la rentrée de l'air y resta pendant 10 jours; les feuilles se couvrirent de gouttes d'eau, il y en avait la valeur de deux cuillers dans le récipient, où l'on trouva un peu d'air; les feuilles étaient humides, leur couleur était altérée, leur odeur était acide, elles tombèrent le lendemain dans l'air. Cette expérience très-bien faite & très-bien décrite ne laissait la plante en rapport qu'avec l'eau & la chaleur du milieu où le récipient était placé; elle montre que l'eau fut chassée dans la plante par le poids de l'atmosphère, mais elle fait voir aussi que ce moyen puissant eut un effet très-petit, s'il faut le juger par la petite quantité d'eau trouvée dans le récipient au bout d'un tems aussi long, puis qu'une partie de cette eau pouvait avoir été fournie par l'évaporation naturelle de la plante; ensuite il est évident que la plante avait souffert, puisque sa couleur était changée, que ses feuilles tombèrent & qu'elles avaient un odeur acide, elles avaient donc fermenté; il est même vraisemblable que l'air trouvé dans le récipient était produit par les gaz formés pendant cette fermentation.

Ces physiciens répétèrent cette expérience en plaçant les racines dans l'eau sous le récipient & laissant la tige dans l'air; ils firent le vide & il sortit beaucoup d'air par les racines; mais quand on plaçait la tige sous l'eau dans le récipient, le jet d'air finissait pour recommencer, au moment où la tige était placée dans l'air : je renvoie l'explication de ce phénomène dans un autre endroit. L'appareil resta dans cet état pendant 24 heures, les racines s'allongèrent de 9,02 millimètres ou quatre lignes pendant ce tems, mais cet allongement fut la moitié de celui qui fut produit dans les racines d'une plante en pleine terre. Papin tira de tems en tems l'air fourni par les racines hors du récipient, mais les feuilles se séchèrent & les racines ne s'allongèrent plus; il eût été curieux d'observer si la plante tira de l'eau, je ne le crois pas puisque les feuilles se séchèrent.

Deux branches de menthe mises dans des phioles pleines d'eau poussèrent des racines; la plus vigoureuse fut placée dans le vide avec sa phiole; au bout de trois jours elle parut séchée, & elle ne se rétablit pas dans l'air; l'autre fut placée dans l'eau purgée d'air,

mais elle cessa de croître & elle ne commença de végéter que 10 jours après.

Deux branches de menthe furent mises dans deux phioles, l'une remplie d'eau purgée d'air, l'autre remplie d'eau commune; celle-ci poussa au bout de six jours & la première au bout de dix; dans une autre expérience la branche placée dans l'eau purgée d'air poussa au bout de trois jours une racine qui s'allongea de 2,26 millimètres ou une ligne en deux jours, tandisque la branche mise dans l'eau commune poussa au bout de six jours neuf ou dix racines qui s'allongèrent au moins de 1,1 centimètre ou cinq lignes dans un jour, mais cette végétation était moins le produit de la présence de l'air commun que celui de l'acide carbonique contenu dans l'eau.

Les branches vertes de saule & d'ormeau mises avec leurs feuilles en partie dans l'air & en partie dans le vide, de manière que le bout qui était dans l'air plongeait dans l'eau, offrirent au bout de 24 heures les mêmes résultats, quelque fût le bout plongé dans l'eau ou dans le vide: l'eau parut plus tard sur les feuilles d'ormeau que sur celles du saule; les gouttes sortaient du bois lorsqu'il

n'y avait qu'un rameau sans feuilles, & l'eau passait en gouttes au travers des feuilles quand elles étaient renfermées sous le récipient. Il faut pourtant observer que lorsque le bout sans feuilles de la branche était dans le vide, tandis que le bout couvert de feuilles était dans l'eau, au bout de deux heures la partie qui était dans le vide se trouvait à peine humide & ne montraient point de bulles d'air; mais en coupant la branche quelques pouces au dessous de la section, on vit une goutte d'eau qui coula lorsqu'on fit le vide; dans ces expériences sur les plantes ligneuses, il y a un phénomène remarquable, l'eau qui passe au travers du bois donne des bulles & celle qui passe au travers des feuilles donne des gouttes; sans doute l'air pouvait pénétrer les pores des feuilles qui étaient jeunes & l'eau qui n'était pas réduite en vapeurs ne pouvait s'y insinuer.

Des roses mises dans l'eau sous un récipient ou suspendues à son sommet se séchèrent au bout de deux jours, quand on eut fait le vide; mais celles qui avaient été renfermées dans un récipient plein d'air étaient sur le point de pourrir au bout de ce tems là. Un bouton de rose se conserva pendant 15 jours

dans le vide avec son odeur, mais il l'a perdit au bout de deux heures quand il fut mis dans l'air & ses feuilles s'humectèrent fortement.

Les arbres enterrés à moitié tige périssent, serait-ce parce qu'ils sont privés du contact de l'air dans cette partie? Je ne croirai pas que cette privation en soit l'unique cause; je serai plutôt porté à soupçonner que les racines souffrent beaucoup de la grande soustraction de l'acide carbonique qui se produit à la surface du terrain, & de la formation des nouvelles racines qui paraissent près d'elle; au moins l'on voit toujours périr dans des cas pareils les premières racines.

J'ai toujours vu les feuilles qui avaient supporté le vide donner du gaz oxygène au soleil quand elles y étaient exposées sous l'eau chargée d'acide carbonique, comme les feuilles qui n'avaient pas subi cette opération. J'ai tenu à diverses reprises les mêmes haricots plantés dans de petits vases sous le récipient d'une machine pneumatique privé d'air pendant un quart d'heure chaque fois, & ils n'ont pas paru souffrir de cette opération. J'ai vu des branches de framboisier placées de même dans le vide, tirer ensuite l'eau où

elles plongeaient comme si elles n'y avaient pas été. Les graines qui ne germent pas dans le vide, germent fort bien quand on les en retire pour les placer dans l'air. Corti a observé que la tremelle gélatineuse & la ténace vivent une semaine sous l'eau dans le vide, qu'elles s'y multiplient & qu'elles n'y périssent vraisemblablement que parce que les alimens leur manquent.

Il me paraîtrait d'après ces expériences que l'action de l'air sur les végétaux n'est pas purement mécanique, & que la privation totale de ce fluide ne les désorganise pas, puisqu'elles peuvent continuer leurs opérations dans l'air comme auparavant quoiqu'elles en aient été totalement privées ; les graines, les rameaux, les plantes vivent quoiqu'ils aient soutenu le vide pendant un tems assez long ; ils continuent alors à décomposer l'acide carbonique, à tirer de l'eau, à se multiplier, en un mot à végéter sans intérruption, pourvû que leur clôture n'entraîne pas leur mort par des causes étrangères à celle de la privation de l'air. On voit encore par là que les plantes contiennent peu d'air, que sa sortie est assez facile & qu'il n'y en a point au moins dans les petits vaisseaux

seaux qui ne résisteraient pas à cause de leur faiblesse à la moindre dilatation que quelques coups de piston pourraient y occasionner. Ces conséquences remarquables seront bientôt examinées avec plus d'attention. Mais continuons à rechercher l'influence de l'air atmosphérique sur les végétaux.

L'air atmosphérique comme on le sait est composé des gaz azote & oxygène dans des proportions à-peu-près déterminées ; mais il est presque démontré par des expériences faites par moi & par un grand nombre de physiciens qu'il n'y a point de germination dans le gaz azote pur, & que les plantes adultes y périssent bientôt ; quoique les graines & les plantes soient comprimées dans le gaz azote comme dans l'air commun ; quoiqu'elles y reçoivent la même humidité, la même lumière, la même chaleur &c., & quoique cet air n'ait rien en lui-même qui soit essentiellement nuisible aux organes des végétaux. D'un autre côté Ingenhous a bien prouvé que les plantes végétent vigoureusement dans le gaz oxygène. On a fait voir encore que les végétaux placés dans une atmosphère composée des gaz oxygène & azote artificiels mêlés dans une

proportion semblable à celle qui forme l'air commun, s'y trouvent précisément comme dans ce dernier. Il résulte donc de là que la présence du gaz oxygène dans l'air commun est indispensablement nécessaire à la végétation.

Les expériences de ce genre faites dans les vases clos apprennent que les proportions de ce mêlange des gaz azote & oxygène dans l'air commun ne subsistent pas longtems les mêmes, quand les plantes y sont introduites; le gaz oxygène y diminue bientôt, & il se trouve remplacé par le gaz acide carbonique qui n'y était pas, ou qui n'y était que dans une quantité très-petite; il paraît donc que la plante doit avoir fourni le carbone qui s'est combiné avec le gaz oxygène; aussi les plantes s'altèrent dans les vases clos, lorsqu'elles ne trouvent plus assez de gaz oxygène pour se débarrasser de leur carbone surabondant, il n'y a point de même de germination dans le vide, dans les gaz azote & hydrogène purs; parce qu'il n'y a point de moyens suffisans pour dégager le carbone qui fait obstacle à la fermentation insensible, nécessaire pour favoriser la germination. Par conséquent il faut une masse d'air assez grande

pour entretenir la végétation & exciter la germination, ou ce qui est la même chose, il faut un renouvellement d'air continuel; ce qui suppose une production de gaz oxygène dans l'atmosphère dont je parlerai ailleurs.

Il est au moins certain que des plantes de la même espèce, semblables par la quantité & l'âge de leurs feuilles, vivent d'autant plus long-tems que le récipient où on les renferme est plus grand, ou qu'il contient un plus grand volume d'air; mais une plante semblable pourrait vivre sans altération dans une atmosphère, où la quantité de gaz oxygène serait moindre; pourvu que le tems de sa clôture dans les mêmes circonstances fût proportionnée à la quantité du gaz oxygène contenu, parce qu'elle y trouverait pour ce tems la quantité de ce gaz qui lui est nécessaire. Enfin l'on rend à une atmosphère devenue nuisible aux plantes & aux graines par le séjour qu'elles y ont fait, toute sa propriété de favoriser la végétation & la germination, en la lavant pour lui ôter l'acide carbonique qui s'est formé, & en lui rendant le gaz oxygène qui a disparu dans la formation du gaz acide carbonique qu'on a enlevé.

Il me semble assez probable que le gaz azote a une influence qui lui est propre dans la végétation ; d'abord il détermine la quantité du gaz oxygène qui lui est mêlé par la sienne, & ce dernier serait très-probablement nuisible aux plantes, s'il y en avait davantage dans l'atmosphère ; ce gaz azote a aussi ses affinités avec le carbone; de sorte qu'il pourrait suppléer un peu le gaz oxygène ; mais ses affinités sont si faibles en comparaison de celles du gaz oxygène qu'elles ne sauraient ralentir son action ; on peut pourtant assurer que la végétation & la germination se font mieux dans un mêlange semblable pour les proportions du gaz azote avec le gaz oxygène, que dans un mêlange du gaz hydrogène avec ce dernier.

Enfin l'expérience apprend qu'il n'y a ni germination ni végétation sans la formation de l'acide carbonique ; on ne peut en douter quand on place des graines humectées ou des plantes dans le gaz oxygène bien pur & bien lavé ; car alors son volume diminue, & si on le lave ensuite avec soin, on voit le reste qui reprend presque sa première pureté. Si l'on fait ces expériences avec l'air commun, on

parvient à changer tout le gaz oxygène qu'il contenait en acide carbonique, & après le lavage, il ne reste que du gaz azote carboné; au moins, en le mêlant avec le gaz oxygène, on obtient de l'acide carbonique, & si l'expérience se fait avec le gaz hydrogène bien pur, mêlé avec le gaz oxygène, on obtient rigoureusement les mêmes résultats, & l'on trouve le gaz acide carbonique d'une manière plus sensible, en faisant détonner ce gaz hydrogène carboné par la végétation, dans le gaz oxygène sur l'eau de chaux, après avoir lavé premièrement tous les deux avec soin dans cette eau.

Le gaz oxygène de l'atmosphère a une influence marquée sur les végétaux morts; il brûle plus ou moins leurs surfaces, il les noircit d'abord, & il parvient à les blanchir quand son action est poussée aussi loin qu'il est possible; on s'en apperçoit sur les feuilles, les pétales, l'écorce des arbres, leur bois & les excrémens verts des animaux frugivores; mais tout cela devient sur-le-champ sensible, quand on applique le gaz muriatique oxygéné à toutes ces parties des végétaux, il perd alors son gaz oxygène en produisant dans

un instant sur ces corps l'effet que l'air atmosphérique ne fait naître qu'après un tems beaucoup plus long. Enfin je dois observer ici que dans les effets naturels dont j'ai parlé, le gaz acide carbonique se forme par la combinaison du carbone des végétaux avec le gaz oxygène de l'air. On objectera peut-être que les plantes vivantes sont vertes dans l'air, tandis qu'elles y blanchissent après leur mort. Les plantes vivantes produisent à la vérité du gaz acide carbonique dans l'air atmosphérique; mais, comme l'acide carbonique qu'elles reçoivent avec la séve se décompose dans leurs feuilles, il y dépose le carbone qui sert à les peindre quand le gaz oxygène l'a quitté, au lieu que dans les plantes mortes le gaz oxygène de l'atmosphère leur enlève sans cesse leur carbone qui ne se reproduit plus, & laisse à ces plantes cette couleur jaunâtre, qui m'a paru leur couleur fondamentale.

Mais, comment le gaz oxygène produit-il ces effets ? Est-ce seulement par le contact avec les surfaces ou son mêlange avec les fluides ? Je ne veux parler ici que du premier cas. Les faits que j'ai rapportés se réunissent pour établir l'influence du simple

contact, puisque l'acide carbonique n'est produit que par la diminution du gaz oxygène de la plante; cependant je ne puis exclure l'influence du mêlange du gaz oxygène extérieur sur les fluides des plantes. L'épiderme, qui reste toujours sans couleur, tamise l'air & l'eau; le gaz oxygène pourrait donc agir sur l'orifice des vaisseaux qui laissent échapper ces fluides; mais tout cela ne peut s'établir encore que par des expériences. Il faut pourtant avouer que le même effet est produit sur les plantes séches, quoique l'on n'apperçoive pas une destruction de l'épiderme.

La découverte de Humboldt qui a vu les champignons croître vigoureusement dans les gaz azote & hydrogène, semblerait contredire cette loi universelle qui rend le gaz oxygène nécessaire à la végétation; mais je doute que ces gaz fussent parfaitement purs; les expériences qu'il a faites dans les mines de Freyberg prouveraient au contraire que le gaz hydrogène qu'on y trouve est mêlé avec l'air commun qui doit y être en grande abondance, puisqu'il s'enflamme lorsqu'il est en contact avec un corps enflammé; d'ailleurs, si le cas observé par ce grand physicien n'est

pas unique, il faut au moins remarquer qu'il fait une exception bien restreinte.

§. II. *Nature de l'air contenu dans les végétaux.*

L'expérience apprend que les feuilles exposées sous l'eau au soleil y rendent un air très-pur, mêlé pourtant avec les gaz acide, carbonique & azote. Le gaz oxygène retiré des feuilles n'est pas autant diminué par le gaz nitreux ou la combustion du phosphore, que le gaz oxygène retiré de l'oxide de manganèse.

Je n'ai pas trouvé un atome de gaz hydrogène dans l'air retiré des feuilles saines par la pompe pneumatique; je n'ai obtenu de cette manière que quelques portions très-petites d'acide carbonique dans certaines circonstances; mais les feuilles m'ont alors toujours fourni les gaz oxygène & azote. J'ai fait depuis long-tems quelques expériences sur ce sujet; elles ont été imprimées dans le Ve. volume des *mémoires de l'Académie des sciences de Turin.* Voici quelques-uns des principaux résultats.

J'observe d'abord que l'acide carbonique fourni par les feuilles à l'air & au soleil, a

la même origine que celui des feuilles exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide carbonique, & que l'acide carbonique produit par les feuilles dans des vaisseaux clos est l'effet de l'altération qu'elles y éprouvent; la désorganisation de la plante change ainsi l'équilibre des composans, & les élémens séparés contractent d'autres unions suivant leurs affinités; l'azote se manifeste dans ce cas, ou avec les autres gaz, ou sous la forme d'ammoniaque par sa combinaison avec l'hydrogène.

Quand les feuilles sont exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide carbonique, l'air rendu est d'autant plus pur ou d'autant moins mêlé avec l'acide carbonique échappé avec le gaz oxygène, qu'il y a une plus grande production de ce dernier, parce qu'il y a une plus grande décomposition d'acide carbonique; mais dans les plantes exposées dans l'air sous des vases clos, le gaz acide carbonique produit ne sort pas du parenchyme, & il se trouve plus abondant à l'obscurité qu'à la lumière, toujours & dans les deux cas lorsque la chaleur est plus grande; l'atmosphère de ces plantes est alors dimi-

nuée & elle perd précisément la quantité de gaz oxygène nécessaire pour la formation de l'acide carbonique qu'on trouve ; de sorte que celui-ci est nécessairement composé du gaz oxygène extérieur à la plante & du carbone qui s'en échappe pour s'unir avec lui, car si le gaz acide carbonique sortait de la plante, le gaz oxygène de l'atmosphère serait seulement sali sans être diminué & on le retrouverait après le lavage.

En exposant sous l'eau bouillie des feuilles vertes à l'action de la pompe pneumatique, on observe qu'elles perdent successivement dans différentes places le vert mat qu'elles avaient, & qu'elles y prennent une nuance plus foncée & plus transparente ; on observe le même phénomène dans les feuilles qui ont été exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide cabonique, on remarque alors une bulle d'air sur ces taches ce qui fait croire que l'eau remplace l'air qui est sorti ; au moins en laissant sécher ces feuilles à l'air, on voit leurs taches disparaître, & reparaître de nouveau, quand on les expose sous l'eau à l'action de la pompe pneumatique, ou au soleil sous l'eau airée ; dans ce cas les feuilles qui

se séchent le plus vîte reprennent le plutôt leur couleur, perdent leur marbrure, & surnagent sur l'eau où elles s'enfoncaient, après l'évacuation de leur air faite dans le vide. C'est ainsi sans doute que le papier mouillé prend une transparence qu'il n'a plus quand il est sec; l'exclusion de l'air qui remplissait ses pores en est probablement la cause; parce que l'analogie plus grande de la densité de l'eau avec celle de l'épiderme des feuilles ou du papier, qu'entre celles-ci & la densité de l'air, facilite le passage des rayons de la lumière.

Le premier air qu'on retire d'un grand nombre de plantes avec la pompe pneumatique est à-peu-près aussi bon que l'air commun, quand l'évacuation n'a pas été poussée trop loin; mais sa pureté semble diminuer à mesure qu'on épuise davantage l'air des feuilles; ensorte que l'air le plus intime des végétaux est fort mauvais. J'ai pourtant trouvé des feuilles qui donnaient un air mauvais dès les premiers coups de piston. Ces résultats sont également vrais à toutes les heures du jour & de la nuit; mais je les ai sur-tout observés quatre ou cinq heures après le lever du

soleil. Ce phénomène est sujet à mille anomalies. J'ai vu plusieurs fois que les feuilles des plantes qui avaient d'abord donné un air mauvais sous la pompe fournissaient dans d'autres jours un air aussi bon que l'air commun ; & comme j'ai fait cette double observation dans des tems différens, lorsque la plante avait été exposée à l'obscurité & à la lumière, en plein soleil & à l'ombre, lorsque l'air était sec & humide; j'ai pensé que ces différences étaient peut-être occasionnées par l'état de vigueur, de jeunesse, de santé ou de vieillesse des feuilles misés en expérience.

Il m'a paru assez généralement que les feuilles des herbes donnent un air meilleur que les feuilles des arbres, sous la pompe pneumatique ; peut-être que la combinaison plus prompte des parties alimentaires dans les herbes, y favorise une combinaison plus grande d'azote ; mais, si elle en fait sortir davantage avec le gaz oxygène qui s'échappe plus abondamment de leurs feuilles ; alors, comme la proportion de celui-ci reste encore plus considérable, l'azote se trouve moins apperçu.

Quelle est la source de cet azote? On a

cru que celui qu'on a trouvé dans les vases où l'on plaçait à l'obscurité des feuilles ou des rameaux de plantes dans l'air & dans l'eau sous des vaisseaux clos, était un produit de l'obscurité; mais je crois avoir prouvé de mille manières dans mes différens ouvrages que les feuilles saines bien lavées ne donnaient jamais d'air sous l'eau à l'obscurité, soit le jour soit la nuit; d'ailleurs si le gaz azote était un produit naturel de l'obscurité, l'air retiré des plantes par le moyen de la pompe pneumatique à la fin de la nuit serait le plus mauvais s'il restait dans la feuille, ou le moins mauvais si l'azote seul en était sorti par l'action supposée des ténèbres, ce qui est manifestement contraire à l'expérience; cette hypothèse même n'expliquerait rien puisqu'il faudrait toujours montrer comment les ténèbres produisent cet effet, & comment il arrive que l'air contenu dans les plantes étiolées qui ont toujours été à l'obscurité, se trouve pourtant aussi bon que celui des plantes qui ont toujours végété à la lumière. Quant au gaz azote contenu dans l'atmosphère des plantes qui ont végété à l'obscurité dans l'air sous des vases clos, il est facile

de s'assurer qu'on y retrouve la même quantité de gaz azote qu'il y avait dans la portion d'air renfermée avec la plante ; puisqu'elle lui est rigoureusement égale, quand on a ôté le gaz acide carbonique formé aux dépens du gaz oxygène de la partie de l'atmosphère mise sous le récipient ; comme on s'en assure par sa diminution, & par la quantité de gaz acide carbonique qui s'est formé aux dépens du gaz oxygène qui a disparu & du carbone que la plante a fourni.

On pourrait croire que ce gaz azote vient de l'air commun ; mais alors il faudrait établir que l'air commun circule dans les plantes ; ensuite qu'il se tamise de manière que le gaz oxygène déjà formé en sorte par l'action de la lumière ; enfin que le gaz azote qui forme les deux tiers de l'air commun se combine avec la plante, puisqu'on ne le voit pas sortir hors des plantes saines : mais on ne voit pas mieux comment la lumière ferait sortir le gaz oxygène de l'air commun hors des feuilles, puisque lorsque la plupart sont exposées au soleil dans l'eau bouillie ou distillée, elles n'en donnent point, ou même seulement une quantité très-petite, lorsqu'elles sont mises

dans une eau chargée d'air commun; quoiqu'elles en fournissent beaucoup quand cette eau a dissous l'acide carbonique.

On imaginera sans doute que le gaz azote est un produit de la végétation ; mais cette supposition est tout-à-fait gratuite & ne permet pas de s'y arrêter aujourd'hui un seul moment. S'il était démontré que la potasse est un produit de l'hydrogène & de l'azote, de même que le carbone, on pourrait y trouver une source de l'azote contenu dans les plantes ; cependant je ne considère pas ces deux moyens de le faire naître chez elles, parce que ces combinaisons pour créer ces deux substances me paraissent à peine probables. J'avais cru il y a long-tems, comme on le voit dans mon mémoire renfermé dans le *V volume des mémoires de Turin*, que le gaz azote était introduit dans la plante combiné avec le gaz acide carbonique dissous dans la séve, & cette opinion est devenue plus probable par les expériences de Gottling & de Spallanzani : le premier a toujours trouvé le gaz azote uni avec l'acide carbonique ; & le second en montrant qne le gaz azote retiré de la terre calcaire avec l'acide carbonique par le moyen

de l'acide sulfurique ne peut y avoir été apporté par celui-ci, prouve que le gaz azote devait être combiné dans la terre calcaire avec l'acide carbonique.

Pourquoi ce gaz azote n'est il soutiré des plantes par la pompe pneumatique que lorsqu'un air meilleur en est sorti ? C'est parce que les gaz azote & oxygène sont seulement mêlés accidentellement, leur mêlange ne peut se faire facilement dans les petits vaisseaux où on les trouve ; alors au premier coup de piston, il se trouve une grande abondance de gaz oxygène prêt à sortir, qui se mêle avec le gaz azote qui s'y noye, & quand ce gaz oxygène est évacué par la pompe, comme il ne s'en forme pas du nouveau avec la même promptitude qu'on le chasse, il arrive que le gaz azote sort mêlé avec une quantité moindre de gaz oxygène, parce que ce gaz azote est sur-tout confiné dans les dernières vésicules des végétaux, où il se combine peut-être avec la plante ; aussi il ne peut en être chassé que lorsque le vide est poussé fort loin. Fourcroy dans sa belle analyse du quinquina d'Amérique, prouve que les végétaux renferment une assez grande quantité d'azote qui paraît

le

le résultat de la décomposition de cette écorce & qu'on ne peut obtenir qu'en la décomposant.

On lit dans un *essai sur l'art de l'indigotier* par le Blond, que le bleu de l'indigo peut être considéré comme le charbon dissous par l'azote & mêlé avec un peu de fer; on observerait alors une combinaison analogue dans toutes les feuilles des plantes, puisque la partie verte des végétaux est formée par une substance jaune colorée en vert par une matière bleue, qui doit être le charbon plus ou moins combiné, ou peu-têtre point du tout comme je le soupçonne à présent. J'avais commencé d'ébaucher cette théorie dans mes *mémoires physico-chimiques* T. II p. 247; la partie verte conserve sa couleur tant que le carbone & l'azote restent unis; mais dès que la végétation est suspendue, que la décomposition de l'acide carbonique ne fournit plus de nouveau carbone, que le gaz oxygène de l'air l'enlève, le bleu se décompose & la plante blanchit, comme on le remarque dans les préparations de l'indigo & du pastel. Enfin on observe la même chose dans le bleu de Prusse dont le carbone, l'azote & le fer sont les parties constituantes, comme

Berthollet l'a démontré ; mais je reviendrai à ce beau sujet.

Pour terminer ce qui regarde l'air contenu dans les plantes ; je voulus savoir, si celles qui contiennent du nitre, comme la bourache, renferment aussi plus d'azote que les autres ; mais les feuilles de ces plantes mises dans l'eau bouillie sous la pompe pneumatique me fournirent un air aussi bon que l'air commun.

Je ne parle point ici du gaz oxygène que les parties vertes des plantes rendent au soleil, parce que j'espère prouver bientôt qu'il est produit par la décomposition de l'acide carbonique, que l'action du soleil sur ce gaz opère. La lymphe fait circuler cet acide avec la séve dans toutes les parties des plantes.

§ III. *De la circulation de l'air commun dans les plantes.*

On trouve de l'air dans les végétaux. Priestley a observé que l'air contenu dans les cavités de quelques plantes était aussi bon que l'air commun ; on a vu il y a un moment que celui que j'en ai soutiré était dans

cet état ; mais qu'elle est la situation de cet air ; est-elle tranquille, stagnante, ou bien y est-elle soumise à la loi de la circulation ? L'analogie supposée entre les animaux & les plantes a fait croire que les trachées étaient les poumons des végétaux, qu'elles aspiraient l'air commun & que celui-ci circulait dans toutes leurs parties. Cette opinion est-elle solide ? Je ne la juge pas telle ; mais je me contenterai de proposer quelques doutes sans prétendre les résoudre ; je crois pourtant que mes réflexions méritent d'être examinées.

Je ne pense pas que l'on puisse soutenir que les plantes aspirent l'air par les trachées ; Reichel & sur-tout Hedwig ont bien prouvé que les trachées ou les vaisseaux spiraux se coloraient en rouge par les injections faites avec l'infusion de bois de Fernambouc, dans laquelle ils ont fait tremper les parties des plantes qui contenaient ces vaisseaux, & qu'elles renfermaient par conséquent, ou pouvaient renfermer un autre fluide que l'air. Hedwig en particulier dont l'opinion est d'un si grand poids dans ces matières, regarde les trachées comme les vaisseaux séveux ; ce qui exclut tout-à-fait la possibilité de les regarder comme

les organes de la respiration. Ajouterai-je que Duhamel avait déjà remarqué depuis long-tems que les trachées étaient toujours remplies d'une liqueur dans certaines circonstances; mais si les plantes aspiraient l'air par les trachées, ne comprend-on pas qu'elles devraient être placées dans les parties des plantes qui sont en contact avec lui; cependant il n'y en a point dans leur écorce & dans leur parenchyme; de sorte pue l'air ne pourrait parvenir aux vaisseaux spiraux qu'après avoir traversé le parenchyme & l'écorce.

On a cru que les feuilles étaient les poumons des végétaux; mais comme les feuilles sont des organes très-composés, il aurait fallu décider quelles sont leurs parties qui doivent en faire l'office; il aurait fallu montrer que les plantes diminuent la quantité de l'air atmosphérique où elles vivent sans altérer sa nature; en faisant remarquer l'entrée de l'air dans les plantes il aurait été nécessaire de faire voir ce qu'il y devient, comment il en sort, en mesurer les quantités &c. Enfin si les feuilles sont les moyens de la nature pour introduire l'air dans les individus du règne végétal, on peut demander comment ces moyens sont rem-

placés dans ce grand nombre d'espèces qui perdent leurs feuilles pendant l'hiver sans perdre la vie, ou reconnaître du moins que cette respiration n'est pas alors essentiellement nécessaire à leur existence.

Hales dans son bel ouvrage sur la *statique des végétaux* a cru que l'air commun circulait dans la plante ; mais sans expliquer comment s'opérait cette circulation, il appuie son idée sur deux expériences qui étaient propres à tromper un observateur aussi clairvoyant que lui, parce qu'il était privé des moyens que nous avons pour expérimenter & de nos connaissances pour perfectionner ses idées.

Ce grand physicien coupa une branche d'un arbre, il l'ajusta à un récipient, de manière que la partie inférieure de la branche y fût renfermée & y plongeât suffisamment pour entrer avec facilité dans un vase plein d'eau ; il souda hermétiquement le milieu de cette branche à la partie supérieure du récipient qu'elle traversait, afin que les rameaux de la branche renfermée fussent dans l'air ; il fit alors le vide & il obtint beaucoup d'air ; il le vit sortir dans l'eau où la branche plongeait, & il s'apperçut de sa présence par

l'état du récipient, où l'air rentrait continuellement. Il crut que cet air entrait dans les feuilles, passait par leurs pétioles dans la branche & sortait par la section dans le récipient. Cette expérience offre précisément les phénomènes, que Papin & Huygens avaient décrits; Hales les remarqua de même comme eux quand il renferma dans l'eau sous le récipient, les rameaux & leurs feuilles pendant que la partie ligneuse était dans l'air.

Il me paraît d'abord que les feuilles ne sont pas plus nécessaires au passage de l'air dans la plante que la partie ligneuse puisque dans les deux cas l'air se fait également jour sous le récipient au travers du bois, ou au travers des feuilles. On doit observer ensuite que l'écorce des branches étant toujours plus ou moins fendillée, plus ou moins poreuse; les feuilles elles-mêmes étant criblées de pores, l'air qui sort par leurs ouvertures peut aussi y entrer pour les traverser, lorsqu'il y est poussé avec une grande force; outre cela en supposant que ces fentes n'existassent pas dans l'écorce, ce qu'il serait difficile d'admettre sérieusement, quand on sait que les branches des jeunes arbres, ou les jeunes

pousses des vieux sont moins propres à ces expériences, que celles qui sont plus âgées; & quand on ne verrait dans l'écorce & dans les feuilles que les ouvertures qui doivent dans l'hypothèse donner passage à l'air : il me paraîtrait que cette expérience prouve seulement que dans ce cas qui est très-violent, l'air commun pénétre le végétal & sort par la section de la branche quand on a fait le vide ; ce qui ne prouve pas que cela se fasse quand le poids de toute l'atmosphère ne refoule pas l'air avec violence dans le récipient qui est vide, & ce qui ne pourrait le prouver puisque l'air ne passe pas quand le récipient est plein d'air ; il serait pourtant facile de remarquer alors les bulles les plus petites.

Une branche semblable à la précédente, placée dans les mêmes circonstances, après avoir été dépouillée de ses feuilles laisse passer l'air dans le récipient vide d'air, elle en donne même alors une plus grande quantité que lorsque les feuilles y sont attachées ; ce qui prouve encore que les feuilles ne jouent aucun rôle dans ce passage de l'air. Cependant une branche vernie cesse de donner de l'air dans le vide, sans doute parce que l'air qui en sortait aupara-

vant, traversait les fentes ou les pores de l'écorce ; mais il y a plus encore, ce n'est ni le premier ni le second coup de piston qui détermine ce passage de l'air dans les branches ; il en faut plusieurs ; il me semble donc que s'il faut une forte pression pour déterminer l'entrée & la sortie de l'air dans la branche de l'expérience, l'air libre ne peut y entrer & en sortir de cette manière, lorsqu'il n'y a point de pression plus forte que celle qui est éprouvée par tous les végétaux dans leur état naturel. Enfin le poids de l'eau que les feuilles supportent, lorsqu'elles sont renfermées avec elle dans des vaisseaux qui en sont pleins, n'en fait jamais sortir l'air à l'obscurité ; quoiqu'elles y soient pressées avec tout le poids de l'atmosphère.

Ce n'est pas tout encore, Hales lui-même remarque, que les branches de tous les arbres ne donnent pas de l'air dans ces expériences, comme le sarment de vigne ; quoique cela dût arriver, si cette espèce de rapport de l'air commun avec les plantes était indispensable, tel que celui de l'air avec les poumons des animaux ; il a vu que l'air passe plus aisément dans les branches recouvertes d'une vieille écorce que dans celles des jeunes

arbres dont l'écorce est plus entière ; que l'air entre sur-tout par les cicatrices & les fentes : qu'il sort moins d'air par la section de la branche qui est dans le récipient, lorsque la section supérieure n'est pas fermée avec soin ; que cet air sort non seulement par la section, mais encore par toutes les parties du bois. Enfin que les racines produisent le même effet dans tous les sens ; mais toutes ces observations fortifient mes doutes, & me semblent repousser l'idée que l'air circule dans la plante, comme Hales parait le croire.

Hales fit une autre expérience qui l'affermit dans sa conclusion. Il plaça des plantes dans des récipiens pleins d'air, qu'il ferma avec l'eau ; il trouva au bout de quelques jours cet air diminué, & il en conclut que les plantes l'avaient absorbé ; il observe cependant qu'une partie de la plante mise en expérience était pourrie, & qu'un mêlange de soufre & de fer ne diminua cet air du récipient que d'une petite quantité ; mais aujourd'hui, l'on aurait tiré de cette expérience & de ces détails une autre conséquence ; on aurait examiné l'air tiré du récipient, comme il le fit ; & l'on aurait vu ce qu'il ne vit pas ;

on se serait apperçu que la masse de l'atmosphère renfermée ne s'était pas diminuée, mais qu'une portion du gaz oxygène qui en faisait partie avait disparu, & l'on aurait trouvé dans l'acide carbonique formé sous le récipient, ce gaz oxygène qui manquait en apparence, & qui était combiné avec le carbone de la plante; de sorte que la plante ne paraît plus avoir absorbé un atome d'air, puisqu'il se retrouve en entier sous une autre forme dans le récipient. Je puis donc conclure encore que cette expérience ne prouve pas que les plantes absorbent l'air de l'atmosphère, ou qu'elles se l'approprient comme les animaux par la respiration.

Je ne vois pas d'ailleurs comment on expliquerait cette respiration. Je le demande, comment l'air entrerait-il dans des vaisseaux qui en sont pleins? Comment sortirait l'air qui doit faire place au nouveau, puisque les végétaux qui sont sains n'en donnent point sous l'eau à l'obscurité, quoiqu'ils y soient pressés par le poids de l'atmosphère, quoiqu'on leur fasse éprouver dans cette circonstance une chaleur plus forte que celle de la température la plus haute de nos climats; tandis que le gaz oxygène s'échappe des feuilles

exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide carbonique à une température au dessous de zéro ; on en comprend pourtant la raison : quand l'acide carbonique est décomposé par l'action de la lumière, il produit le gaz oxygène qui est forcé de sortir de la plante, lorsqu'il ne peut s'y loger, au lieu qu'il n'en sort point à l'obscurité, parce qu'il n'y a point de décomposition.

Il résulte des expériences précédentes sur la chaleur, que les alternatives de froid & de chaud ne sauraient produire cette respiration végétale par la contraction & la dilatation de l'air dans les vaisseaux des plantes ; puisque l'on ne voit point sortir d'air des plantes mises sous l'eau à l'obscurité, en les faisant passer de la température de 0 du thermomètre à celle de 40°.

La variation du poids de l'atmosphère ne paraît pas plus efficace pour produire cette respiration, en changeant la densité de l'air contenu dans les vaisseaux des plantes ; dans ce cas au moins la respiration ne serait plus spontanée. Si la condensation & la raréfaction de l'air sont les causes de la respiration des plantes, il ne doit alors sortir de la plante

que l'air qui ne peut plus y être contenu, & il ne peut y entrer que l'air qui occupe la place de celui qui est resserré par l'augmentation de la pression ; mais je n'ai jamais vu l'air sortir des plantes exposées sous l'eau à l'obscurité, quelque fût la hauteur du baromètre; j'ai même remarqué qu'il fallait plusieurs coups de piston pour déterminer la sortie de cet air, quand je plaçai les plantes sous le récipient de la machine pneumatique; enfin dans cette supposition, il n'y aurait point de renouvellement complet, mais seulement un changement très-petit.

Si l'air entrait dans les trachées, il refoulerait les sucs qu'ils contiennent; s'il pénétrait les autres vaisseaux, comme il n'est pas dissoluble dans leurs fluides, il arrêterait leur mouvement; s'il y avait des vaisseaux inconnus où il passât, ne comprimerait-il pas par sa dilatation les petits vaisseaux des différens organes des plantes? Il est vrai que les arbres vernis périssent; cependant leur mort ne doit point être attribuée à l'interception de l'air, mais à la désorganisation de l'écorce occasionnée par l'huile ou l'esprit de vin qui dissout ses parties résineuses & à la suppression de ses excrétions.

L'air produit par les plantes qui fermentent ne prouve point leur respiration, puisqu'elles ne le rendent pas, quand elles sont saines, & puisqu'elles diminuent l'air commun par la production de l'acide carbonique, tout comme elles fournissent le gaz hydrogène par la décomposition de l'eau ; mais ces deux gaz n'ont point d'analogie avec l'air commun.

Enfin l'air ne pénétrerait-il pas les plantes comme ces cornues de Priestley où l'air entre quand l'eau s'en échappe en vapeurs par leurs pores ? J'ai pensé que cela serait possible, mais où est la puissance pour produire cet effet ? Où est le vide formé dans les plantes comme dans les cornues pour forcer l'air à y entrer ? On sait sûrement que la suction des plantes remplit d'eau leurs vaisseaux à mesure que la transpiration les vide.

Si l'air commun était absorbé par les plantes, comment donneraient-elles autant de gaz oxygène & si peu d'azote, quoiqu'il y ait dans l'air atmosphérique les deux tiers d'azote & un tiers de gaz oxygène ?

Ingenhouz dans ses *expériences sur la végétation* T. II, fait voir que quelques plantes sont remplies de l'air ou du gaz qui leur sert

d'atmosphère. Cette observation vraie pour les plantes à réservoir d'air, comme les oignons, ne l'est pas pour les autres, comme je l'ai vu dans plusieurs expériences ; ce phénomène n'établirait pas même la circulation de l'air, puisqu'il faut un certain tems pour produire un remplacement sensible. Les expériences de Priestley sur la grande absorption des gaz par l'*epilobium hirsutum* ne sont pas plus concluantes en faveur de la respiration des plantes, puisque les plantes respireraient alors indifféremment plusieurs gaz différens ; d'ailleurs elles ne pourraient contenir le volume d'air qui disparaît dans les vaisseaux de l'expérience ; mais lorsqu'elles sont mises dans l'air commun, le gaz oxygène se combine avec le charbon qui s'en échappe & forme l'acide carbonique qui reste sous le récipient ; dans le gaz hydrogène il y a de l'eau formée, comme je l'ai prouvé par des expériences que je publierai. Enfin les plantes mortes diminuent l'air commun comme les plantes vivantes, par la formation de l'acide carbonique ; & dans ce cas au moins on n'attribuera pas la diminution de l'air à son introduction dans les vaisseaux des plantes.

§. IV. *Source de l'air trouvé dans les plantes.*

Puisqu'il ne paraît pas probable que l'air entre dans les plantes par leurs pores, il faut que l'air qu'on y trouve s'y introduise par quelqu'autre moyen; car enfin on y découvre les élémens de l'air commun. J'ai vu l'air sortir avec les pleurs de la vigne, d'autres l'ont vu comme moi; mais ce n'était pas l'air commun, c'était le gaz acide carbonique. Colomb a vu de l'air s'échapper hors de la séve des plantes dans la belle expérience que j'aurai l'occasion de rapporter, mais il n'en détermine pas la nature. Quoi qu'il en soit, il est possible que l'air commun entre dans es végétaux mêlé avec l'eau qui en contient toujours quelques parties; mais il faut avouer que par ce moyen il n'en passerait qu'une quantité bien petite; & qui ne représenterait pas le gaz oxygène qui s'en échappe au soleil; d'un autre côté on ne saurait expliquer ce que devient le gaz azote qui en fait les deux tiers, de sorte qu'il faut nécessairement recourir à un moyen plus efficace.

Je crois donc avoir trouvé que l'acide carbonique étant dissoluble dans l'eau pouvait être une source très-abondante de l'air commun qu'on trouve dans les plantes. Cette eau chargée d'acide carbonique tirée par les racines s'élance jusques dans les feuilles qui reçoivent encote l'eau acidulée dissoute dans l'atmosphère; la lumière favorise la décomposition du gaz acide carbonique dans le parenchyme de la feuille; une partie du gaz oxygène qui le forme s'échappe par les feuilles elles-mêmes, tandis que le reste sert à la formation du végétal, comme j'espère le rendre très-probable; mais ce reste ne se combine pas d'abord, il se mêle avec cette partie de gaz azote que le gaz acide carbonique y a porté avec lui, & il y forme cette espèce d'air commun plus ou moins bon que la pompe pneumatique en soutire, comme lorsque l'acide carbonique entre à flots dans les végétaux exposés au soleil sous les eaux acidulées, il sort des feuilles avec le gaz oxygène que la lumière du soleil en retire; je n'entre pas à présent dans les détails & les preuves de cette théorie que je réserve pour le chapitre VII. Il me suffit d'avoir montré comment

comment on peut rendre raison de l'entrée de cet air dans les végétaux.

§. V. *Influence du gaz oxygène sur les végétaux.*

Quoique j'aie déjà parlé de l'influence de l'air commun sur les végétaux, j'ai cru qu'il était important de m'en occuper encore d'une manière plus directe; on ne saurait trop s'arrêter sur ce sujet dans une physiologie des plantes.

Il faut remarquer d'abord avec Fourcroy que le gaz oxygène qui décolore les plantes pourrait aussi les colorer. Les étoffes qui sortent vertes des cuves de l'indigo deviennent bleues à l'air. Les byssus & les mucors qui croissent blancs dans le vide prennent des couleurs à l'air; les infusions végétales ont leurs couleurs plus foncées, qnand elles y ont été exposées.

Les acides si communs dans les végétaux doivent leur formation à l'oxygène; les feuilles deviennent fauves en passant par le jaune, lorsqu'on les place dans ce gaz sous un récipient; les couleurs bleues du sirop de violette & du tournesol perdent leurs nuances

dans les vaisseaux fermés & elles les retrouvent à l'air; la plupart des décoctions des bois exposées à l'air se troublent & se recouvrent d'une pellicule granuleuse qui passe par les nuances des bruns, noirs & pourpres, de rouge maron, d'orangé, de jaune, cette couleur est inaltérable; Fourcroy, qui a suivi ces changemens, a bien prouvé qu'ils étaient produits par le gaz oxygène.

Le contact seul du gaz oxygène n'est pas généralement la cause de ces effets sur le végétal vivant; il faut encore le dépôt du charbon que la décomposition de l'acide carbonique fournit avec l'intermède de la lumière, ou qu'il met à nud pour produire la couleur verte; les plantes s'étiolent à l'obscurité dans une atmosphère de gaz oxygène & elles y ont une couleur jaunâtre; parce que le jaune, comme je l'ai observé il y a bien long-tems, est la couleur fondamentale des végétaux, que le carbone de l'acide carbonique décomposé par la lumière verdit probablement en s'incorporant avec elle; les plantes s'étiolent davantage dans le gaz oxygène pur, parce qu'il brûle quelques

parties de carbone répandues sur la plante; mais je reprendrai ailleurs ce sujet.

La première action des corps oxygénans ou du gaz oxygène sur les végétaux, est de les rendre bruns, noirs, en mettant plus ou moins leur carbone à nud; ensuite de les blanchir par la combinaison immédiate du gaz oxygène avec le carbone qui est plus découvert, & l'on ne peut en douter, puisque ce changement de couleur accompagne la formation de l'acide carbonique. Les parties colorantes du lin forment une matière noire avec les alkalis, que l'acide muriatique oxygéné blanchit; de même l'indigo y passe d'abord au brun, suivant les expériences de Berthollet. L'oxygène se combine peut-être avec les parties colorantes comme avec les huiles ou la cire qu'il ne brûle pas; mais il contribue vraisemblablement à les rendre dissolubles dans l'eau, comme j'ai eu l'occasion de l'entrevoir. Il serait pourtant possible que cette action du gaz oxygène pur sur les plantes nuisît à leur végétation, Desaussure le fils a du moins très-bien observé qu'elles végètent mieux dans l'air commun & pendant un tems plus long.

CHAPITRE VI.

Du gaz acide carbonique considéré comme un aliment des végétaux.

JE ne veux point faire l'histoire de l'acide carbonique & de ses propriétés ; je me borne à remarquer qu'il se dissout dans l'eau en grande quantité ; qu'il est composé de vingt-huit parties de carbone & de soixante & douze d'oxygène ; qu'il est décomposé par la végétation, & que les chimistes sont parvenus à le décomposer de même par la voie séche & par la voie humide. Cette décomposition, dans tous les cas, est le produit du jeu des affinités qui arrachent l'oxygène au carbone, & déposent celui-ci dans le lieu où se fait la décomposition, comme on l'apprend dans les expériences de Tennant, de Pearson, de Giobert, de Mussin Puskin & les miennes.

Quand on voit la quantité d'acide carbonique obtenu par la distillation des végétaux, on se fait une idée de la quantité de carbone

qu'ils contiennent, & quand on pense que toutes les matières végétales, fluides ou solides, fournissent du charbon dans des proportions & sous des formes différentes ; on est conduit à regarder cette substance comme essentielle aux plantes; on se confirme dans cette opinion, en observant que ce charbon est uniformément le même dans tous les végétaux & dans tous les tems ; & l'on ne tarde pas alors à penser qu'il doit avoir une source continuellement la même, qui peut être encore celle de l'acide carbonique, que les plantes paraissent rendre lorsqu'elles végétent le plus vigoureusement ; mais puisque l'acide carbonique, formé par les plantes végétantes ou distillées, est pour l'ordinaire le produit de leur carbone avec le gaz oxygène de l'air, ou celui qui entrait dans la composition de l'eau ; ne pourrait-on pas soupçonner que le carbone déposé dans la plante est le produit de la décomposition de l'acide carbonique, que les plantes ont sucé avec l'eau par leurs racines ou leurs feuilles ?

On s'étonne que les végétaux, si différens entr'eux à mille égards, se ressemblent néan-

moins tous par leur carbone. Cette substance, si différente des autres substances végétales par ses qualités, est identique partout comme l'acide carbonique qu'elle forme par son union avec l'oxygène, & l'on s'apperçoit bientôt que le charbon qui fait une partie considérable des plantes, ne varie dans leurs différentes espèces que par sa quantité & ses combinaisons.

Le carbone s'accumule dans les végétaux à mesure qu'ils se développent, il remplit les mailles des différens réseaux du parenchyme de leurs feuilles & de leur écorce; il y en a sûrement bien moins dans la plantule du chêne que dans le chêne séculaire, & l'on peut suivre les différens degrés de son accumulation successive la balance à la main. Les cotylédons de la graine qui en sont pleins, le préparent sous la forme d'acide carbonique, par son union avec le gaz oxygène de l'atmosphère ou l'oxygène de l'eau pour le développement de la plantule; elle commence à se l'assimiler, comme elle se l'assimilera pendant toute son existence : on y découvre alors le charbon, comme on le trouve dans les plantes adultes, ou plus

âgées. J'avais eu déjà l'idée de cette décomposition de l'acide carbonique par la végétation, lorsque je publiai, en 1788, mes *Expériences sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation*; je pensais à l'union de la substance charboneuse avec le végétal pour former la résine, etc. Enfin, dans ma *Physiologie végétale*, qui fait partie de l'*Encyclopédie méthodique*, j'indique nettement la combinaison du carbone avec toutes les parties des plantes.

Ces réflexions & ces observations annoncent bien l'importance du charbon dans les plantes; elles semblent même confirmer mes soupçons sur son origine; cependant, cela satisferait peu la curiosité sur ce sujet curieux, si l'on ne pouvait pas obtenir quelque chose de plus précis. On se demande bientôt d'où vient ce charbon? Comment se combine-t-il avec les végétaux? Quel rôle doit-il jouer? On aurait bien avancé une théorie végétale, si l'on pouvait répondre à ces questions d'une manière satisfaisante.

I. Comment s'introduit dans les plantes le charbon qu'on y trouve? Il n'est pas probable que le charbon se forme dans les vé-

gétaux ; il s'annonce comme une substance simple puisque on n'a pu découvrir ses composans, & comme on ne peut y observer des parties, on ne peut à présent le croire composé ; de sorte qu'on est fortement porté à reconnaître qu'il arrive dans les plantes en traversant leurs surfaces extérieures, qu'il les pénètre & se combine avec toutes leurs parties solides & fluides. Si cela n'était pas, la formation du carbone dans la plante serait au moins aussi hypothétique que sa composition, & il ne me semble pas qu'il soit plus facile de la croire ou de la soupçonner que celle de la terre ou de l'oxygène.

Mais si le carbone ne se forme pas dans les végétaux, il faut qu'il y entre par quelque porte : le problème se réduit ainsi à un plus petit nombre de termes. On se demandera, le carbone s'insinue-t-il dans les végétaux sous sa forme naturelle, ou les pénètre-t-il combiné avec d'autres substances ? Reste-t-il alors dans les végétaux sous la forme qu'on a présumé qu'il a prise en y entrant, ou bien se décompose-t-il pour reprendre la sienne ?

Il ne me semble pas probable que le car-

bone entre dans les végétaux sous sa forme naturelle, quelle que soit l'extrême division dont il est susceptible, à cause du diamètre extrêmement petit des vaisseaux qu'il devrait enfiler : & pourrait-il y suivre l'eau où il serait suspendu, lorsqu'elle s'élance au travers des vaisseaux, depuis l'extrêmité des racines jusqu'à celle des feuilles & dans les plus fines ramifications du parenchyme ? On a cru, il est vrai, que l'eau de fumier était une dissolution de charbon & qu'il entrait avec elle dans la plante ; l'expérience apprend d'abord que l'eau de fumier contient autre chose que le carbone pur, ensorte que si elle fertilise la terre & le sable, on peut croire que ce n'est pas comme une infusion de carbone, mais comme une liqueur fermentescible & fermentante qui fournit beaucoup d'acide carbonique. L'expérience fait voir encore que les plantes périssent d'abord dans l'eau de fumier, tandis qu'elles se conservent fraîches dans l'eau commune ; on voit au moins qu'elles se fânent sur-le-champ dans la première, comme si elles étaient abandonnées dans un lieu sec après avoir été coupées ou arrachées. J'ai observé de

même, que la quantité de la suction des plantes mises dans l'eau commune diminue à proportion de la quantité d'eau de fumier qu'on y mêle. On sait encore que la plupart des plantes arrosées avec l'eau de fumier pure dans un tems sec & chaud souffrent beaucoup par cet arrosement; mais cet effet pourrait être attribué à la putréfaction de cette eau qui entraînerait celle de la plante; quoiqu'il en soit, c'est un fait que lorsque l'eau de fumier, ou cette infusion de carbone ne nuirait pas à la plante, celle-ci périrait avec elle d'inanition, puisque la plante n'en peut rien tirer de cette manière.

Si le carbone ne peut être porté dans les plantes par le moyen de l'eau de fumier, on peut croire de même qu'il n'y est pas dissous; l'expérience apprend au moins que l'eau pure ne dissout jamais le charbon; il paraîtrait donc que l'eau de fumier ne contient le charbon que dans un état de suspension, ou plutôt qu'il y est combiné dans le mucilage qui fermente, & qu'il se manifeste dans l'acide carbonique formé aux dépens de l'air atmosphérique, lorsque cette eau y est exposée.

Puis donc que cette voie paraît impraticable, on ne saurait introduire le carbone dans les plantes qu'avec les corps propres à le dissoudre, ou à le rendre dissoluble dans l'eau, comme les alkalis, les sulfures & l'acide carbonique. Il faut pourtant observer que les matières alkalines ne sont pas universellement répandues par-tout où les plantes croissent, ni assez abondantes pour opérer par-tout ces dissolutions de carbone, d'autant plus qu'ils en dissolvent seulement une très-petite quantité; il y a plus, on trouve très-rarement les alkalis purs; ils sont pour l'ordinaire engagés avec des acides, & ils ne sauraient sous cette forme dissoudre le charbon; tels sont ceux que j'ai trouvés dans les pleurs de la vigne dont la quantité était encore infiniment petite. Il est vrai que quelques engrais fournissent l'ammoniaque; mais ce sel se forme pendant leur décomposition avec l'hydrogène de l'eau & l'azote de l'air atmosphérique; d'ailleurs la plus grande partie se dissipe dans l'air. Enfin les terreaux qui donnent par l'analyse une quantité assez grande de carbone, ne laissent appercevoir aucune trace alkaline, comme on peut le voir dans les analyses dont j'ai parlé.

Les sulfures sont assez rares dans la terre, quoique toutes les plantes tirent leur carbone de celle-ci; mais il faut leur appliquer tout ce que je viens de dire des alkalis; ce qui me fait conclure que les alkalis & les sulfures ne sont pas les dissolvans que la nature emploie communément pour introduire le carbone dans les végétaux.

Il me paraîtrait donc que le carbone doit entrer dans les plantes par le moyen de l'acide carbonique; s'il y a quelque force suffisante pour le décomposer. Il est au moins très-dissoluble dans l'eau; les plantes le tirent avec l'eau où elles sont plongées avec beaucoup de facilité, & elles donnent d'autant plus de gaz oxygène au soleil qu'elles en tirent davantage par leurs racines, & qu'elles en sucent plus par leurs feuilles, comme je l'ai observé sur diverses plantes, & comme je l'ai publié en diverses occasions; mais ce n'est pas tout, ces plantes rendent un peu de gaz acide carbonique avec le gaz oxygène dans un milieu où il n'y a point de gaz oxygène, comme on le voit lorsqu'on expose au soleil ces plantes, plongeant dans une eau chargée d'acide carbonique, sous

un récipient plein de gaz hydrogène parfaitement pur; de sorte que l'on peut en conclure que le gaz acide carbonique traverse la plante. Enfin, toutes mes expériences, si répétées & si variées sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation, me semblent rendre la décomposition de l'acide carbonique dans les végétaux extrêmement probable, comme je le montrerai en détail dans le chapitre suivant.

Puis donc que le charbon des plantes est le même que celui de l'acide carbonique; car on fait cet acide en combinant ce charbon avec le gaz oxygène par la combustion, ou en mêlant le gaz oxygène avec le gaz hydrogène carboné des végétaux, qui perd alors son carbone; on est forcé de reconnaître, que comme l'acide carbonique dissous dans l'eau, favorise la végétation, & la production du gaz oxygène qui s'échappe des feuilles au soleil; il faut que l'acide carbonique, dont l'oxygène est un des élémens, soit décomposé au soleil par l'acte de la végétation pour fournir celui-ci, & que le carbone déposé dans toutes les parties de la plante en provienne; cela me paraît d'autant plus

probable que j'ai trouvé cet acide carbonique dans les pleurs de la vigne, recueillis sur des souches dont l'ouverture touchait presque le terrain, & que ce gaz ne pouvait être ainsi entré dans la plante que par ses racines, qui l'avaient tiré de la terre avec l'eau où il était dissous.

Il semble bien encore que la lumière décompose cet acide, puisqu'on voit le gaz oxygène s'échapper de la feuille avec d'autant plus d'abondance, que l'eau où l'on place la feuille au soleil se trouve chargée d'une quantité plus grande de gaz acide carbonique, & qu'il ne se forme point de gaz oxygène, ou du moins qu'on n'obtient que celui qui peut être contenu dans l'acide carbonique que les feuilles renferment dans leur parenchyme, quand on les place dans l'eau bouillie ou distillée, comme je l'ai fait voir dans mes expériences déjà publiées & dans celles que je rapporterai. Il importe de remarquer ici que les feuilles des plantes où cet acide carbonique parvient avec une grande abondance, & où il paraît décomposé par la quantité de gaz oxygène qui s'en échappe, contiennent aussi beaucoup de carbone, &

sont probablement teintes en vert par le dépôt qui s'en est fait sur le réseau jaune dont il remplit les mailles ; mais c'est encore dans l'écorce & les feuilles que se forment ces décompositions & ces compositions qui donnent naissance aux sucs végétaux. Cet acide carbonique porte aussi avec lui l'azote trouvé dans les végétaux, comme je l'avais soupçonné dans un Mémoire qui se lit dans le tome V des *Mémoires de l'académie de Turin*, & comme Spallanzani l'a prouvé par ses expériences.

Chaptal a bien observé que les byssus, développés à l'obscurité, n'avaient que $\frac{1}{89}$ de leur poids en matière ligneuse, mais qu'après les avoir exposés graduellement à la lumière pendant trente jours, leur bois fut $\frac{1}{21}$ de leur poids ; ce qui montre que l'augmentation du bois, des résines, des huiles &c. était produite par la grande décomposition de l'acide carbonique, & par conséquent par l'accumulation du charbon qui en est l'effet ; mais on ne peut douter de la solidité de cette conclusion, quand on voit dans l'analyse de ces byssus, la sève perdre l'acide

carbonique qu'elle contenait à mesure que le bois s'est formé.

Voici une expérience qui me semble propre à augmenter la probabilité de cette théorie; je l'ai faite avec l'eau de Rolle dont j'ai donné une espèce d'analyse. Je coupai au milieu de germinal, un morceau de sarment près de la souche avec deux boutons, au moment des pleurs, il avait environ 2,7 décimètres ou 10 pouces de longueur; je le plaçai dans une bouteille d'eau à col étroit, que le sarment fermait presque parfaitement, j'en remplaçais l'eau à mesure qu'elle s'évaporait par les feuilles, je l'ôtai rumilieu de vendémiaire, lorsque les feuilles me parurent avoir commencé de jaunir; je coupai rigoureusement tout ce qui avait poussé, & je trouvai que les feuilles & rameaux verts pesaient 7,138 grammes ou 134 grains & demi, ils pesèrent après leur dessication 2,52 grammes ou 47 grains $\frac{1}{2}$. Les racines, bien essuyées, pesaient 10,385 grammes ou 204 grains $\frac{1}{2}$; elles pesèrent après leur dessication 2,269 grammes ou 42 grains $\frac{3}{4}$. Le sarment avait tiré 2,134 kilogrammes ou 40202 grains d'eau; mais, comme

comme l'eau ne peut avoir fourni que 636, 91 milligrammes ou 12 grains de terre calcaire; en supposant que le muriate calcaire de l'eau se fût décomposé; il faut que l'acide carbonique contenu dans l'eau & celui de l'atmosphère avec l'oxygène, l'hydrogène & l'azote combinés aient fait le reste. Il paraît de-là que les plantes tirent plus de gaz acide carbonique de la terre & de l'air qu'elles n'en tirent de l'eau; puisque les feuilles de cette expérience avaient à peine la moitié de leur développement, & que les plantes qui croissent dans l'eau sont faibles & d'un vert pâle.

Enfin l'on sait par les expériences de Ruckert, combien les arrosemens faits avec des eaux chargées d'acide carbonique sont utiles pour augmenter la prospérité des plantes: & j'ai eu même l'occasion de remarquer à la campagne la grande différence qu'il y a dans la végétation des plantes arrosées par des eaux qui contiennent cet acide, en les comparant avec celles qui sont baignées par des eaux qui en sont presqu'entièrement privées.

II. En considérant l'importance de ce gaz & les heureux effets qu'il produit, on comprend bientôt que si ma théorie est vraie,

il faut qu'il y ait une source continuelle & fort abondante d'acide carbonique, afin qu'elle puisse suffire à l'entretien de la végétation ; mais on voit d'abord, qu'on peut la trouver dans tous les corps qui contiennent cet acide carbonique, & dans tous ceux qui peuvent en former par leur contact avec le gaz oxygène de l'atmosphère ; cependant au milieu de cette abondance de moyens, il y en a qui sont plus ou moins probables, & qui s'annoncent comme étant plus ou moins propres à remplir les vues indiquées.

La *terre calcaire* qui est abondante dans tous les terrains contient la moitié de son poids d'acide carbonique ; celui-ci peut en être dégagé par l'action des acides ou des pyrites qui ne sont pas rares, de même que par son contact avec le gypse ou les argiles qui contiennent l'acide sulfurique. Les *oxides de fer* peuvent être réduits par leur contact avec les matières huileuses, comme Baumé l'a prouvé, & donner alors leur acide carbonique.

On sait par l'analyse des *terres* & du *terreau*, qu'ils renferment du charbon propre à former l'acide carbonique par son union avec le gaz oxygène de l'air. La *matière fermentescible*

que l'analyse des terres & des terreaux fournit abondamment est une mine inépuisable de gaz acide carbonique; on sait que cette matière fermente facilement, & qu'elle fertilise les sables les plus arides, en leur donnant, dans le gaz acide carbonique qu'elle fournit, ce principe de vie qui leur manquait; mais il faut se rappeler ici tout ce que j'ai déjà dit en parlant de la terre & des engrais.

Ingenhous a publié en 1796 un mémoire intitulé *Essais on the foods of plants and the renovation of soils*, où il établit de même que Desaussure le fils, dans un mémoire sur ce sujet, lu à la société d'histoire naturelle de Genève, à la fin de la même année, que la terre & le terreau sont des mines abondantes d'acide carbonique, soit qu'il s'exhale du terrain, soit plutôt, suivant l'opinion d'Ingenhous, que le contact du gaz oxygène avec le carbone du sol le produise; mais on en a un exemple frappant dans les matières qui fermentent, & l'on a vu que cette matière fermentescible était fort abondante dans la terre. J'ai même observé que le terrain fournit cet acide carbonique, lorsqu'il a été réduit presqu'en poussière par une des-

sication lente, ou même lorsqu'il commence à geler; il faut pourtant reconnaître que dans ces deux cas la quantité de l'acide carbonique en est fort diminuée.

Les *eaux* de sources, les eaux stagnantes, la rosée contiennent plus ou moins d'acide carbonique, & l'*air atmosphérique* en annonce toujours une quantité remarquable, comme on s'en apperçoit aisément avec l'eau de chaux & les alkalis caustiques qui y perdent leur causticité.

Les *végétaux vivans* rendent à l'atmosphère une partie de l'acide carbonique qu'ils sucent, soit parce qu'il en sort toujours un peu avec le gaz oxygène, comme on l'observe avec les feuilles exposées sous l'eau au soleil, & comme on le remarque dans les récipiens pleins de gaz hydrogène où l'on fait végéter un moment au soleil, les plantes qui plongent dans une eau chargée d'acide carbonique; soit sur-tout parce que cet acide se forme aux dépens du carbone de la plante qui est en contact avec le gaz oxygène de l'air; au moins le volume & la pureté de l'air dans lequel elle est renfermée, diminuent sensiblement. Les *végétaux morts* déposent encore dans la terre

leurs débris qui forment la plus grande partie des engrais par la fermentation qu'ils éprouvent, & ils rendent ainsi à la terre & à l'air ce qu'ils lui ont pris. Je ne dis rien des débris des animaux morts, de leur respiration lorsqu'ils vivent, de la combustion &c. Mais voilà encore des sources abondantes pour la production de l'acide carbonique.

Voici deux expériences qui m'ont paru frappantes. Diverses plantes mises dans des vases semblables, également remplis avec la même terre, placés dans la même exposition, traités à tous égards de la même manière, mais dont les uns furent placés dans une planche de jardin & les autres dans une cour pavée, donnèrent des résultats différens; les plantes des premiers vases furent plus vigoureuses que celles des seconds, & je ne puis l'attribuer qu'à ce gaz acide carbonique qui est très-abondant près de la surface de la terre cultivée Je mis l'extrémité de quelques rameaux de framboisier dans des petites bouteilles pleines d'une eau chargée d'acide carbonique; je mis d'autres rameaux semblables dans des petites bouteilles vides ou remplies d'eau distillée; je fis passer les uns & les autres sous des récipiens pleins

d'une eau également chargée d'acide carbonique ; les premiers donnèrent beaucoup plus de gaz oxygène que les seconds, ce qui ne pouvait être produit que parce que les premiers avaient tiré du gaz acide carbonique avec l'eau où leur section plongeait, tandis que les autres n'avaient tiré que l'eau pure.

III. La terre, l'eau, l'air fournissent des élémens & le véhicule de l'acide carbonique pour les plantes ; cet acide paraît l'aliment le plus considérable qu'elles reçoivent & l'on peut aisément le juger par la quantité de charbon qu'elles contiennent. L'acide carbonique joue aussi un rôle bien important dans l'économie végétale ; il passe avec l'eau dans les racines qui le sucent, il monte avec la séve qu'il contribue à former jusques dans les feuilles, où il est décomposé par l'action de la lumière. L'acide carbonique répandu dans les vapeurs de l'atmosphère, se dépose avec l'eau qu'elles forment sur les feuilles qui s'en pénétrent sans cesse : ce qui présente aux plantes un aliment constant, abondant, & uniforme, ou plutôt le charbon & l'oxygène qu'elles ne paraissent pas pouvoir recevoir par un autre moyen.

Enfin comme l'acide carbonique s'échappe du terrain pendant l'hiver, suivant mes observations, il fournit pendant toute l'année au développement des végétaux qui se continue sourdement dans nos climats pendant leur sommeil apparent; de même qu'à l'entretien des plantes toujours vertes, qui produisent le gaz oxygène au soleil pendant l'hiver & aux progrès rapides de ces plantes qui dévancent toutes les autres comme le *daphne mezereon*, les tussilages & les primevères.

Je ne voudrais pas borner la décomposition de l'acide carbonique dans les végétaux à la seule action de la lumière ; il paraît décomposé dans les graines qui germent à l'obscurité ; on découvre au moins des traces vertes dans leurs radicules & dans leurs plumules ; de sorte qu'il serait possible que la lumière ne fût pas l'unique moyen de cette décomposition. On ignore la force des affinités des gaz dans le moment où ils se développent ; mais on sait qu'on décompose le gaz oxygène, & le gaz acide carbonique par la voie séche avec le soufre & le phosphore.

CHAPITRE VII.

De la lumière.

LA lumière intéresse la curiosité par son éclat, par les agrémens qu'elle procure, & par l'utilité qu'on en retire ; elle a occupé les philosophes, les métaphysiciens, les physiciens, les chimistes, & elle peut les occuper toujours malgré les belles découvertes qu'ils ont faites. Newton a anatomisé le rayon de lumière, il a reconnu ses composans, distingué leur différence, pénétré quelques-unes de leurs propriétés ; la lumière offre toujours au naturaliste une substance qui joue son rôle dans l'histoire des corps organisés ; le chimiste peut saisir ses affinités. Je me borne à considérer les rapports de la lumière avec la végétation.

§. I. *Quelques propriétés générales de la lumière.*

Je crois avoir prouvé que la lumière n'est pas produite par l'ébranlement d'un fluide éminemment élastique, comme Euler l'avait

établie dans sa *theoria lucis & umbræ* & dans ses *lettres à une princesse d'Allemagne*. On trouvera mes argumens dans le *journal de physique*, *septembre & novembre* 1779. Il paraît assez probable que la lumière est composée de corpuscules séparés, d'une forme sphérique, lancés hors du soleil avec une grande vitesse, à de grandes distances les uns des autres, & ayant toutes les propriétés de la matière.

Il est démontré que la lumière est modifiée différemment par les différens corps sur lesquels elle agit; ses réflexions & ses réfractions ne sont pas semblables dans tous les cas; elle peut se diviser en rayons séparés, comme les corps différemment colorés le font remarquer; car, puisque leurs couleurs ne sont pas les mêmes, il faut qu'ils aient avec les corps composans de la lumière des rapports manifestement différens.

La lumière échauffe les corps sur lesquels elle tombe proportionnellement à leurs propriétés réfléchissante & réfringente. J'ai fait voir dans mes *mémoires physico-chimiques* que les différens rayons de lumière avaient différens degrés de chaleur; j'ai montré de même que chacun d'eux avait une influence par-

ticulière sur la végétation. Enfin j'ai prouvé que la lumière désoxidait quelques oxides métalliques, & que les différens rayons agissaient alors d'une manière qui leur était propre. Enfin je me suis appliqué dans cet ouvrage à montrer par un grand nombre de faits l'influence de la lumière pour modifier les corps des trois règnes de la nature, & sur-tout pour s'unir avec l'oxygène par-tout où elle peut l'atteindre.

Il paraît très-probable que la lumière a des affinités avec les différens corps qu'elle éclaire ; si son usage se bornait à procurer la vision, il n'y en aurait qu'une petite partie qui parvint à ébranler quelque rétine ; mais on remarque ses affinités avec l'oxygène & avec certains fluides qui la courbent lorsqu'elle les traverse, beaucoup plus que leur densité ne l'aurait fait croire. Newton soupçonnait cette combinaison, lorsqu'il disait, dans la question XX de son optique. *Ne peut-il pas se faire une transformation réciproque entre les corps grossiers & la lumière ?* Il observe encore dans le même ouvrage liv. II, prop. V qu'en changeant la densité d'un corps, *on changeait sa couleur, parce qu'il devenait un milieu*

différemment réfléchissant & réfringent : Enfin, dans la prop. X, il observe que les parties réfringentes des corps sont presque proportionnelles à leur densité ; mais il avait expérimenté que les corps gras & onctueux faisaient exception à cette règle, & qu'ils avaient une force réfringente, trois ou quatre fois plus grande relativement à leur densité qu'elle ne devait être à cet égard ; les corps résineux & spiritueux ont la même propriété, ce qui me semble annoncer qu'ils ont une affinité plus grande avec la lumière que les autres ; &, comme la résine & les huiles sont des parties constituantes des végétaux, on peut soupçonner que la lumière se combine plus particulièrement avec elles. De Bernières, dans les *Mémoires de l'académie des sciences de Paris pour* 1777, confirme cette théorie par des expériences qui prouvent que la térébentine liquide est de toutes les substances celle qui a le pouvoir réfringent le plus grand ; que les huiles essentielles & par expression possèdent ensuite cette propriété au plus haut degré ; ce qui permet d'entrevoir que la lumière doit avoir de grands rapports avec le parenchyme des

plantes, & sur-tout avec les feuilles qui sont pleines de sucs résineux & qui sont toujours couvertes par la lumière.

Newton avait encore observé que les corps les plus denses s'échauffaient le plus au soleil, comme ceux dont le tissu réfléchissait le moins de rayons; mais c'est encore le cas de la couleur sombre du parenchyme des feuilles, & en particulier des feuilles des des arbres résineux. Mes expériences rapportées dans mes mémoires physico-chimiques établissent que le rayon violet, qui est le plus réfrangible, est celui qui désoxide le plus facilement le muriate d'argent, & qui donne aux plantes exposées à son action la couleur verte la plus foncée, parce qu'il décompose une plus grande quantité d'acide carbonique, & y occasionne ainsi un dépôt plus considérable de charbon.

Les belles analyses de l'huile & de l'esprit de vin par Lavoisier & Berthollet nous apprennent que ces fluides sont composés d'hydrogène & de carbone; mais, comme Warltire a prouvé que la puissance réfringente du gaz hydrogène n'est pas plus grande que celle de l'air commun, il paraîtrait que celle

des huiles & de l'esprit de vin qui est si forte est produite par le carbone ; aussi les huiles qui contiennent plus de carbone que l'esprit de vin sont plus réfringentes que lui ; on peut croire que le carbone du diamant est aussi la cause de sa grande réfringence, & c'est de cette propriété que Newton avait soupçonné que le diamant était combustible.

§. II. *Diverses propriétés de la lumière importantes pour la végétation.*

D'orthez apprend dans les *annales de chimie T. II* que les vapeurs aqueuses, qui s'exhalent dans les ballons de verre, s'appliquent toujours sur les parois du ballon exposées à la lumière, quoiqu'elles y soient répandues par-tout à l'obscurité ; mais c'est peut-être un effet de la chaleur qui occasionne du refroidissement par l'évaporation qu'elle favorise.

Giobert fait voir, dans un mémoire sur la crystallisation du tartre, que son exposition à la lumière pendant la crystallisation, rend les cryſtaux phosphoriques. Beccari et Wilson ont prouvé que les pierres précieuses & la plupart des corps exposés à la lumière,

s'imprégnaient de ses corpuscules & en faisaient voir les émanations à l'obscurité.

Giobert croit que la lumière a besoin de l'intermède de l'air pour désoxider les oxides d'argent. Il a vu le muriate d'argent conserver sa blancheur dans le vide à la lumière; je l'ai pourtant observé noircissant sous l'eau bien bouillie.

Les feuilles donnent beaucoup de gaz oxygène sous l'eau chargée d'acide carbonique, quand elles y sont exposées à la lumière du soleil, & j'ai prouvé qu'elles rendaient le même gaz dans l'air.

Priestley apprend que la lumière ne colorait l'esprit de nitre en jaune, en lui faisant donner du gaz nitreux, que lorsque le flacon, exposé au soleil, contenait de l'air; mais Berthollet assure qu'il se colore en jaune dans les flacons parfaitement pleins, & je crois qu'il a raison. J'ai toujours vu la teinture verte foncée des feuilles faite avec l'esprit de vin jaunir, lorsque le flacon n'était pas plein quand il était fermé, ou bien lorsqu'il était ouvert quand il était plein; mais il ne jaunissait point quand il était plein & fermé, ou lorsque le vide était

rempli par les gaz azote ou hydrogène ; la cause de cette différence est frappante ; dans le premier cas, l'acide nitreux est décomposé ; dans le second, il faut enlever le carbone, & la présence du gaz oxygène est nécessaire pour opérer cette séparation.

§. III. *La lumière considérée comme un corps chaud.*

L'augmentation de la chaleur dans les corps éclairés par la lumière du soleil, est sans doute l'effet de ses rayons, puisque l'interposition d'une feuille de papier ou d'une gaze, suffit pour diminuer la chaleur que ses rayons avaient produite ; on augmente cet effet par les miroirs concaves & les lentilles qui accumulent plus de lumière sur le même objet ; on éprouve l'action échauffante de la lumière en se promenant au soleil & à l'ombre, ou bien en y tenant des thermomètres. Enfin, l'on sait que la chaleur est proportionnelle à la quantité de la lumière reçue, à la durée de son action, à la direction de ses rayons & aux différentes propriétés des corps pour la recevoir, la réfléchir, &c. de même qu'à leur conductibilité

plus ou moins grande de la chaleur, &c.

Quoiqu'il en soit, c'est un fait que la chaleur, ramenée par le printems, ranime la végétation, En vain pendant l'hiver, la lumière est plus pure, le ciel plus serein, la source de la lumière plus voisine, les végétaux se refusent à son action qui est trop courte, fort contrariée dans nos climats par la longueur des nuits, & dans une direction moins favorable ; mais on retrouve alors l'énergie de l'été dans les serres chaudes.

§. IV. *La lumière concourt pour colorer les végétaux.*

Je prouverai plus particulièrement cette proposition en parlant de l'étiolement & de la couleur des plantes; je remarquerai seulement à présent les différences qu'il y a entre les plantes privées de la lumière & celles qui en ont reçu l'influence. Les premières sont jaunes, effilées; leurs feuilles sont petites, informes ; le jeu de leurs organes est fort restreint & leur vie fort abrégée. Une plante verte peut avoir une de ses parties étiolées, si elle a végété seule à l'obscurité. Les couleurs variées de plusieurs fleurs & de

plusieurs

plusieurs fruits paraissent sortir peintes du pinceau de la lumière, quoiqu'il y en ait quelques-uns qui se colorent à l'obscurité, & quoiqu'on remarque des filets verts dans les plantes qui ont vécu dans les ténèbres, comme on le voit dans les plantules des graines qui ont germé sous terre & dans les tiges blanches de l'althéa.

J'ai fait voir dans le tom. II de mes *Mémoires physico-chimiques*, publiés en 1782; que le parenchyme était le siège de l'étiolement; que les plantes étiolées ne donnaient point de gaz sous l'eau au soleil, ni dans l'air, qu'elles fermentaient plus vîte & qu'elles avaient moins de saveur que les plantes vertes. J'ai montré de même que la couleur des liqueurs dans les plantes étiolées était moins foncée, qu'elles fournissaient moins d'huile, moins d'ammoniaque, plus d'eau, plus d'acide carbonique, moins d'hydrogène & de matières fixes que les plantes saines. Dans le tom. III, j'ai prouvé que la lumière décolorait les teintures de la plupart des végétaux faites à l'esprit de vin, & dans le tom. II, qu'elle altérait les bois, en agissant sur leurs résines.

La lumière noircit, jaunit, blanchit après leur mort les plantes qu'elle a verdies pendant leur vie ; le carbone qu'elles ont & qu'elles ne peuvent plus remplacer se brûle par le contact du gaz oxygène ; alors les plantes sont ramenées peu-à-peu à leur couleur primitive ; les huiles, les résines se décomposent, & l'on obtient, suivant les circonstances, l'acide carbonique, le gaz hydrogène, ou l'eau.

La lumière agit donc sur les plantes pour les colorer en vert, pour retarder leur accroissement, augmenter leur vigueur ; les fleurs lui doivent leur fécondité ; les fruits leur conservation & leurs couleurs.

L'action de la lumière sur la moëlle, les pepins, les noyaux, les racines ne me paraît pas bien marquée, à moins de lui attribuer l'effet qui résulte d'un aliment plus solide qu'elle paraît concourir à former. Les racines des plantes étiolées sont grêles & petites comme leurs feuilles. J'ai vu souvent la menthe, qui pousse si facilement des racines dans l'eau, quand elle est au soleil, n'en produire aucune quand elle est à l'obscurité.

Enfin, la lumière blanchit les résines,

épaissit les huiles essentielles, décolore les huiles grasses & change leur nature, comme je l'ai observé; il est vrai que le gaz oxygène joue un grand rôle dans ces changemens de concert avec la lumière, mais il faut leur réunion pour produire entièrement cet effet.

§. V. *La lumière influe sur la suction & la transpiration des plantes.*

Je ne dis ici qu'un mot sur ce beau sujet, que je traiterai ailleurs d'une manière plus approfondie; j'observerai seulement, que la lumière favorise la suction & la transpiration des plantes qui y sont exposées, sur-tout quand elles éprouvent son action immédiate; la chaleur même influe peu sur cet effet, comme je le ferai voir. Les plantes tirent sans doute l'eau dans l'obscurité, puîsque les plantes étiolées en sont pleines, mais elles y transpirent très-peu.

. VI. *La lumière considérée comme un stimulant.*

Quand on voit une substance animée par tant de vîtesse, dépositaire de tant de chaleur, ayant une influence si marquée sur les

végétaux, on aime lui attribuer les plus belles propriétés. On se persuade aisément que la lumière élabore dans les poussières le fluide qui éveillera le germe. On croit plus facilement encore cette influence de la lumière, quand on lui voit déterminer le mouvement de quelques feuilles, l'épanouissement de quelques fleurs, les convulsions de quelques étamines & de quelques pistils : mais, comme ces phénomènes peuvent être expliqués mécaniquement, ou attribués aux fluides circulans, ou à la dessication des parties, &c; il faut suspendre son jugement, puisque les plantes se développent jusqu'à un certain point à l'obscurité, & attendre des circonstances plus heureuses pour dévoiler ces mystères.

§. VII. *La lumière est antiseptique.*

J'avais prévu en 1782 l'antisepticité de la lumière, lorsque je disais dans mes *mémoires physico-chimiques* T. III, P. 341 & 342 que la végétation serait arrêtée dans son principe, si les premiers accroissemens de la plante ne se faisaient pas à l'abri du soleil, & que c'était pour cela que les premiers rudimens

de la plante étaient étiolés. J'annonçai alors que la fermentation des matières fermentescibles était moins prompte dans les vaisseaux exposés à l'air & à la lumière, que dans ceux qui étaient exposés à l'air & à l'obscurité, T. II. p. 392. Enfin j'ai fait voir dans mes *expériences sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation*, *p.* 61, que la lumière retardait long-tems la pourriture des feuilles exposées dans l'eau à son action.

Quand on considère les affinités de la lumière avec l'oxygène; quand on sait que celui-ci enlève aux corps fermentescibles le carbone qui est éminemment antiseptique; on conçoit comment la lumière prévient la fermentation, comment elle l'arrête, & comment elle ralentit la germination.

§. VIII. *Les plantes cherchent la lumière.*

Il semblerait que les plantes desirent la lumière; s'il y a dans une chambre obscure le plus petit trou donnant passage à un filet de lumière; c'est vers lui que les plantes tournent leurs rameaux dans toutes les places de la chambre. Bonnet avait observé ce phénomène, & Tessier en montre diverses

circonstances curieuses dans les *mémoires de l'académie des sciences de Paris pour* 1783. On voit toutes les branches des espaliers fuir les murs, les plantes porter leurs rameaux vers les fenêtres dans les appartemens, & les branches s'élancer vers les clairières dans les bois. Villars croit que cet élancement des sapins dans le milieu des forêts est un effet de leur étiolement.

Il paraît en général que les jeunes branches recherchent plus fortement la lumière que les vieilles; et que leur inclinaison vers la lumière est d'autant plus forte, qu'elles sont moins exposées à en recevoir les impressions; ainsi, lorsque les corps voisins réfléchissent peu de rayons, les tiges sont peu inclinées. Tessier conclut de ses expériences que l'inclinaison des branches est en raison composée de leur jeunesse, de leur distance à la lumière, de la couleur des corps placés devant elles, et de la facilité plus ou moins grande des tiges pour sortir de la terre.

La transpiration des plantes, favorisée par la lumière, est peut-être une des causes de ces mouvemens, elle paraît au moins influer sur l'héliotropisme des fleurs. Les plantes à

fleurs composées sont les plus héliotropes. J'observerai pourtant que les pétales tirent peu d'eau, & que les feuilles ailées que le soleil meut le plus aisément, ne tirent pas plus d'eau que les autres.

Le penchant des plantes vers la lumière est si déterminé, que si l'on force la surface supérieure des feuilles des arbres et arbustes à regarder la terre, elles se retournent d'elles-mêmes sur leurs pétioles pour reprendre leur première position; quoique la branche ne puisse pas se retourner, & elles font ce mouvement violent dans une atmosphère séche ou humide, dans l'eau même, à l'obscurité & au soleil; mais la chaleur favorise ce retournement. Une greffe faite de manière que la pointe du bouton regarde la terre, reprend sa situation naturelle en se développant; mais alors ses progrès sont plus lents, parce que les vaisseaux tordus dans le retournement gênent sans doute le passage des sucs nourriciers.

Spallanzani a bien prouvé que les moisissures ne se dirigent point vers la lumière. Un cube de pain mouillé, suspendu par un fil, se couvre de moisissures perpendiculaires

aux six plans ; mais ces plantes semblent demander un sol que la lumiére n'éclaire pas, parce qu'elle arrêterait une fermentation qui est nécessaire au développement de ces singuliers végétaux. J'ai vu aussi ces moisissures se former plutôt dans un lieu obscur, que dans un lieu éclairé, et paraître beaucoup plutôt sur les matières fermentantes, que sur celles qui sont parfaitement saines.

§. IX. *La lumière tire le gaz oxygène hors des plantes.*

Avant de commencer cet article important, j'observerai qu'on sera peut-être surpris de voir quelque changement dans mes idées, depuis la publication de mes premiers ouvrages, mais ils sont plus apparens que réels. Le plus grand nombre de mes expériences me paraît toujours également vrai, mais je leur en ai joint plusieurs autres qui sont nouvelles ; si mes théories ont souffert plus d'altération, il est aisé d'en comprendre la cause ; les découvertes multipliées et capitales qu'on a faites dans la chimie, devaient influer sur mes idées ; aussi, dès que j'ai vaincu l'inertie de mon esprit et sa résistance, pour recevoir

la nouvelle doctrine, j'ai trouvé dans les principes lumineux de celle-ci, dans ses conséquences rigoureuses, dans ses beaux développemens, la clef de divers phénomènes, qu'il m'aurait été impossible d'expliquer sans son secours, et je crois avoir fait par son moyen, plus de progrès vers la vérité pendant un petit nombre d'années, que je n'en avais fait auparavant, pendant toute ma vie.

Ingenhous a fait voir le premier que la lumière agit sur les plantes pour en tirer le gaz oxygène. Il observa des feuilles mises sous l'eau au soleil, il vit diverses bulles formées à leur surface, grossir et s'échapper, quand elles avaient pris un certain volume. On s'assure que cet air n'est point attaché aux feuilles avant leur immersion dans l'eau, et leur exposition au soleil, puisqu'on observe le même effet, après les avoir lavées avec soin, et même après les avoir privées de toute espèce d'air avec la pompe pneumatique, comme j'ai eu l'occasion de l'observer diverses fois. Cet air qui est alors produit ne saurait être celui qu'on supposerait adhérent à la feuille, puisqu'il est ordinairement plus pur que l'air commun & que celui qu'on re-

tire de l'eau. Enfin cet air fourni par les feuilles, n'en sortirait point du tout sans l'action immédiate du soleil qui agit sur elles, plutôt par son illumination que par sa chaleur; l'ombre seule d'un nuage suffit pour suspendre cette distillation.

Les bulles d'air se forment sur les feuilles exposées sous l'eau au soleil aussi-tôt que cet astre les couvre de sa lumière, quand l'eau a les conditions nécessaires pour produire cet effet. Le plus grand nombre des feuilles exposées sous l'eau à l'obscurité ne donnent absolument point d'air, ou lorsqu'elles en fournissent, c'est quand elles commencent à se gâter; aussi cet air est celui qu'on obtient par la fermentation; c'est communément le gaz acide carbonique, mêlé avec un peu d'azote & quelquefois avec le gaz hydrogène.

I. En étudiant les plantes avec attention, il est facile de s'appercevoir qu'elles renferment de l'air; mais on découvre bientôt que le volume qu'elles contiennent est alors bien petit en comparaison de celui qu'elles peuvent rendre dans certaines circonstances sous l'eau au soleil. J'ai trouvé que les feuilles du framboisier épuisées d'air par la pompe pneumati-

que, fournissaient un volume d'air égal à un volume d'eau pesant 5,732 grammes ou 108 grains; je les exposai ensuite au soleil sous l'eau commune, sans avoir été en contact avec l'air, & elles donnèrent un volume d'air égal à un volume d'eau du poids de 3,184 grammes ou 60 grains; les feuilles fraîches, pendant le même tems, fournirent à-peu-près la même quantité d'air; mais, quand je mis ces feuilles épuisées d'air dans l'eau chargée d'acide carbonique, & quand elles y eurent été exposées comme les autres pendant dix heures; elles produisirent un volume d'air égal à un volume d'eau du poids de 88, 318 grammes ou 1664 grains; celles qui n'avaient point été privées d'air firent naître dans la même eau un volume d'air égal à un volume d'eau du poids de 91,290 grammes ou 1720 grains; il paraît donc manifeste que l'air sorti de ces feuilles doit y avoir été produit dans tous les cas. J'ai élevé des plantes de menthe privées de leurs feuilles sous l'eau que je renouvelai tous les jours sans les mettre en contact avec l'air; elles donnèrent de l'air aussi-tôt que leurs nouvelles feuilles furent poussées.

J'avais déjà bien prouvé dans le premier

volume de mes *mémoires physico-chimiques*, que le gaz oxygène fourni par les feuilles était réellement sorti hors d'elles; puisqu'il est différent de l'air contenu dans l'eau; & que les feuilles de grande joubarbe écorchées sous l'eau fournissent de l'air. Je ne m'arrête point encore à analyser ces expériences; je veux seulement montrer que l'air fourni par les feuilles exposées au soleil a été élaboré par elles; mais il faut chercher à présent l'organe élaborateur.

II. Afin de prouver que l'air rendu sous l'eau par les feuilles au soleil était bien produit par elles, il était important de connaître l'état de l'air adhérent à leur surface. J'ai agité des feuilles de pêcher sous un récipient plein d'eau bouillie; & je trouvai qu'une mesure de cet air mêlée avec une mesure de gaz nitreux était réduite à 1, 08, qu'il était par conséquent un peu moins bon que l'air commun, & fort inférieur en pureté à celui qu'on obtient des feuilles au soleil; cet air contenait une assez grande quantité d'acide carbonique. Je fis la même expérience sur des feuilles de choux, & j'eus un résultat semblable.

Je pris une feuille de grande joubarbe, je lui enlevai son épiderme que je plaçai sous l'eau au soleil, il ne donna point d'air; mais cet air jaillit avec abondance du parenchyme écorché dans les mêmes circonstances. J'exposai de la même manière des feuilles auxquelles je n'avais laissé que leurs nervures; l'air ne parut point comme sur la partie verte des feuilles entières; on peut donc conclure que le parenchyme vert est la source de l'air qu'on obtient sous l'eau au soleil.

Il m'a paru que les *pétales* & les *racines* ne fournissent presque point d'air par un procédé semblable, quand ils ne fermentent pas. Les *fruits verts* donnent aussi un peu d'air plus ou moins approchant de l'air commun, mais moins pur que lui, & contenant assez d'acide carbonique. Les *fruits mûrs* qui fermentent très-vîte donnent un air gâté, où le gaz acide carbonique abonde. L'*écorce* fournit au soleil de l'air comme les feuilles. Je choisis celle du platane, parce que j'en séparai mieux toutes les parties à la fin du printems. Je vis l'épiderme placé sous l'eau chargée d'acide carbonique se couvrir de bulles très-petites pendant quelques heures; elles

disparurent ensuite totalemenr, & ne se montrèrent plus; ce qui me fait croire que ces bulles étaient celles de l'air logé dans leurs pores. Le parenchyme vert donna de grosses bulles d'air comme les feuilles; le parenchyme vert avec l'épiderme fournirent séparément, le premier ses grosses bulles, & le second les petites.

Ingenhous a observé que les feuilles exposées sous l'eau au soleil par leur surface supérieure, rendaient un air meilleur que par leur surface inférieure. J'avais fait aussi cette recherche dans mes *mémoires physico-chimiques* T. I. p. 89; mais j'ai remarqué depuis que cette expérience était toujours assez douteuse, parce que quelque soin qu'on prenne, il est très-difficile d'éviter que l'air qui se forme sur la surface inférieure, ne se mêle avec l'autre; cependant pour rendre encore cette expérience plus utile, je voulus voir si les pouvoirs différens de chacune de ces deux surfaces pour tirer l'eau par elles, influeraient sur la quantité de l'air produit. Je pris donc l'ortie dont la feuille, suivant Bonnet, vit deux mois en tirant l'eau par sa surface supérieure, & trois semaines en

la pompant par sa surface inférieure : j'exposai donc les feuilles de cette plante au soleil sous l'eau; de manière qu'elles n'éprouvassent son action immédiate que par une de leurs surfaces; & je trouvai, autant qu'il est possible de le préjuger, que la surface inférieure donnait plus d'air que l'autre; ce qui apprend au moins, comme je le pense, que l'organisation de ces deux surfaces est différente, & que chacune a une destination particulière; je remarquai le même résultat avec les feuilles du framboisier; le rapport fut comme 87:103; mais l'air fut également pur, 4 mesures de gaz nitreux mêlées avec une mesure de l'air produit furent réduites à 0,83.

Je puis assurer que les feuilles & les parties vertes des plantes terrestres, aquatiques, subaquées donnent de l'air au soleil ; mais les plantes appellées *grasses*, en fournissent d'abord avec plus d'abondance, & elles en donnent même dans l'eau bouillie & dans l'eau de chaux comme Spallanzani l'a observé, tandisque les autres, ou n'en produisent point, ou en produisent seulement une ou deux bulles, comme je l'avais remarqué.

Les feuilles attenantes aux plantes, quand

elles sont exposées sous l'eau au soleil, donnent, le premier jour à-peu-près autant d'air, que celles qui en sont séparées; mais en suite elles en donnent moins, parce qu'elles y souffrent quelque altération. Les feuilles exposées à la lumière avant d'être coupées & mises sous l'eau au soleil, donnent pour l'ordinaire plus d'air, que celles qui sont restées à l'ombre, & l'on voit clairement que c'est parce qu'elles ont tiré une plus grande quantité de séve.

J'ai observé que les feuilles des plantes donnaient plus d'air pendant le printems, & que cet air était plus pur qu'en automne; sans doute les plantes tirent plus de séve dans le premier cas, que dans le second, comme l'expérience me l'a appris.

Les plantes que j'ai fait végéter dans l'eau, suivant la méthode de Choiseul Gouffier; de manière que leurs racines fussent dans l'air & leurs têtes dans l'eau, rendaient aussi au soleil l'air qui était fourni par la décomposition de l'acide carbonique que les feuilles suçaient dans l'eau.

Il était curieux de savoir si les jeunes feuilles élaboraient l'acide carbonique comme les

les feuilles qui ont atteint leur perfection. Je fis ces expériences sur le faux acacia; il m'offrit dans un moment du printems des feuilles qui avaient toutes les grandeurs; elles m'apprirent que l'air rendu par les jeunes feuilles relativement à leurs surfaces, était en moindre quantité, que celui des feuilles parfaites, & qu'il était moins pur; aussi, les jeunes feuilles sont moins vertes que les autres, elles n'ont pas élaboré assez d'acide carbonique, pour avoir leurs nuances & leurs couleurs. Je répétai ces expériences sur les jeunes feuilles d'abricotier, qui sont rouges, & sur celles de platane, qui sont jaunes. J'observai généralement que la même surface des feuilles jaunes du platane, donnait moins d'air, que celle des feuilles qui étaient alors les plus grandes, & qu'une mesure de l'air fourni par les premières, mêlée avec deux mesures de gaz nitreux, était réduite à 0, 91, mais que l'air des feuilles parfaites, traité de la même façon, donne 0, 75. Une mesure de l'air des feuilles rouges de l'abricotier, mêlée avec une mesure de gaz nitreux fut réduite à 0, 22, tandis qu'une mesure de l'air des feuilles vertes, mêlé avec deux mesures de gaz nitreux, fut réduite à

0,60. Les petites feuilles de pêcher produisirent un air, dont je mêlai une mesure avec une mesure de gaz nitreux, qui fut réduite à 0, 25, & une mesure de l'air des grandes, mêlée avec 4 mesures de gaz nitreux, fut réduite à 0, 67.

L'état de l'air des feuilles étiolées est remarquable. Une feuille verte de choux me donna de l'air dont une mesure mêlée avec trois mesures de gaz nitreux, fut réduite à 0, 79: tandis que les feuilles blanches du cœur de ce choux fournirent très-peu d'air; en le mêlant avec le gaz nitreux, il fut réduit à 1, 98, & quelquefois il fut sans diminution; dans l'espace de quelques heures ces feuilles manifestèrent une odeur de pourriture qui décélait l'origine de l'air produit; j'ai fait des expériences semblables sur les haricots étiolés.

III. Cet air produit par les feuilles exposées sous l'eau au soleil est-il meilleur, ou pire que l'air commun, ou lui ressemble-t-il par sa pureté ? Les essais eudiométriques, faits par le moyen du gaz nitreux, apprennent que cet air est au moins aussi bon que l'air commun, & qu'il est pour l'ordinaire beaucoup meilleur, comme on a pu s'en ap-

percevoir par les expériences rapportées ; mais ces expériences sont très-variables. Une feuille de framboisier mise sous l'eau pendant dix heures donna un volume d'air égal à un volume d'eau du poids de 3,184 grammes ou 60 grains, & une mesure de cet air mêlée avec une mesure de gaz nitreux, fut réduite à 0,90; une autre fois, une mesure de cet air produit par la même feuille, mêlée avec deux mesures de gaz nitreux, fut réduite à 0,84; j'y ai vu disparaître plus de trois mesures de gaz nitreux, & l'on peut dire la même chose des autres feuilles.

Cet air retiré des feuilles contient manifestement de l'acide carbonique, comme on s'en assure par sa diminution sur l'eau & son lavage dans l'eau de chaux; il contient aussi de l'azote dans des quantités différentes, puisque la pureté de l'air rendu par les feuilles n'est pas égale, lorsqu'il a été dégagé de son acide carbonique.

Ce phénomène méritait une grande attention; la première question qu'il présente est celle-ci: quelle est la source de cet air pur, rendu par les plantes exposées sous l'eau au soleil ? Il a été prouvé que cet air est

formé dans le parenchyme, & que le soleil influe nécessairement sur sa production; il ne reste donc pour expliquer ce phénomène que l'examen de la feuille & celui du milieu où elle est placée.

On voit d'abord que les feuilles rendent non-seulement l'air qu'elles contiennent, mais encore une quantité beaucoup plus grande, comme je l'ai déjà remarqué, en prouvant que l'air produit par les feuilles exposées sous l'eau au soleil en sortait; ensuite cet air ne saurait être ni l'air commun, qui est moins pur, ni l'acide carbonique qui est dissoluble dans l'eau, ni l'azote que le gaz nitreux ne peut diminuer; il faut même que cet air diffère de celui qu'on retire des feuilles par la pompe pneumatique, puisqu'il n'est jamais meilleur que l'air commun, & souvent plus impur; ces airs diffèrent donc de l'air qui s'échappe au soleil, & par leur qualité & par leur quantité. Enfin, comme j'ai observé que les sucs du *becabunga* & du *leontodon taraxacum* ne fournissaient point d'air au soleil, quand ils y étaient fraîchement exposés; on est forcé de conclure que l'air pur produit par les feuilles de ces plantes est un

produit de leur organisation & de l'action du soleil sur les sucs contenus dans leurs vaisseaux.

Puisque cet air est une production des feuilles, il en faut chercher les élémens; je considérerai donc les rapports de la feuille avec l'eau dans diverses circonstances, & je suivrai les cas les plus simples.

C'était un fait bien connu d'Ingenhous, que les feuilles ne donnaient point d'air au soleil sous l'eau bouillie, quand elles y étaient exposées au soleil, ou du moins qu'elles en donnaient une quantité infiniment petite, dont je montrerai la source. On observe la même chose avec les eaux fraîchement distillées. C'était de même un fait bien connu de Priestley & d'Ingenhous, que les eaux de source qu'on vient de tirer favorisent plus que les autres la production de l'air pur, rendu par les feuilles, quand elles y sont exposées au soleil; le problême se réduisait donc à chercher la cause de cette différence.

Je pensai bientôt que les eaux distillées & bouillies différaient des eaux de source que j'employais, par l'acide carbonique que

celles-ci avaient dissous, & qu'on ne trouve pas dans les autres; de même que par une certaine quantité de terre calcaire qu'on observe dans les eaux de source, & qui manque dans les eaux distillées & bouillies. Je commençai donc mon examen par l'acide carbonique, qui est le dissolvant de la terre dans l'eau. On trouvera toutes les expériences que j'ai faites pour établir cette découverte dans mes *Recherches sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation*, & dans mes *Expériences sur l'action de la lumiere solaire dans la végétation*; car je m'étais contenté de l'indiquer à la fin du troisième volume de mes *Mémoires physico-chimiques*. Voici les résultats de ce travail.

Si l'acide carbonique dissous dans l'eau de source, est la cause du gaz oxygène fourni par les feuilles qu'on y expose au soleil; l'acide carbonique dissous dans les eaux bouillies & distillées doit produire le même effet. Je chargeai donc l'eau bouillie et distillée d'acide carbonique en différentes proportions; je plaçai des feuilles fraîches au soleil sous ces eaux ainsi préparées; je fis ces expériences avec les eaux bouillies, distillées et communes,

de la même manière. Les feuilles exposées sous les eaux bouillies & distillées, ne donnèrent point d'air, ou n'en laissèrent apercevoir qu'un atôme ; celles qui furent mises dans l'eau commune, en fournirent une quantité remarquable, & toutes celles qui furent placées dans les eaux distillées et bouillies, plus ou moins chargées d'acide carbonique, en laissèrent échapper beaucoup plus que les autres ; à l'exception de quelques plantes subaquées qui en donnèrent alors moins que dans l'eau commune.

J'observai néanmoins, que si quelques feuilles donnent leur *maximum* d'air, quand elles sont dans l'eau saturée d'acide carbonique ; il y en avait cependant qui ne le produisaient que lorsqu'elles étaient dans une eau qui contenait seulement les trois quarts ou la demi, ou même le quart de l'acide carbonique qu'elle pouvait dissoudre : ce qui était vraisemblablement occasionné par la nature des feuilles moins propres à supporter l'action de l'acide carbonique en grandes doses. J'aurais pu m'arrêter là dans cette recherche ; mais comme je sentis son importance, je pensai à mettre plus de rigueur dans mes preuves.

J'essayai si l'eau chargée d'acide carbonique, qui avait occasionné une grande production de gaz oxygène pendant une journée, produirait le même effet dans le jour suivant ; mais je le trouvai fort diminué, & il devint tous les jours moindre, en mettant dans cette eau de nouvelles feuilles au soleil : elle fut ainsi presque réduite à l'état d'eau bouillie, par la perte de son acide carbonique, que j'avais cherché à contenir dans l'eau de l'expérience.

Je confirmai ce fait d'une autre manière : j'enlevai par l'ébullition ou la potasse, aux eaux bouillies & distillées, l'acide carbonique que je leur avais donné ; mais dès ce moment les feuilles que j'y exposai au soleil ne rendirent plus de gaz oxygène, & elles reprirent la faculté de faire produire, au soleil, cet air aux feuilles, en leur restituant l'acide carbonique.

Le gaz oxygène, rendu par les feuilles exposées au soleil sous l'eau acidulée avec l'acide carbonique, est pour l'ordinaire proportionnel à la quantité du gaz acide carbonique répandu dans l'eau ; peu importe qu'il soit rapproché dans un petit volume d'eau ou étendu dans un grand.

Tous les moyens propres à dégager l'acide carbonique, contenu dans la terre calcaire dissoute par les eaux, favorisent l'émission du gaz oxygène hors des feuilles qu'on y expose au soleil. Une très-petite quantité d'acides minéraux ou végétaux, mêlée avec les eaux bouillies & distillées, gâte entièrement les feuilles qu'on y met en expérience, comme les précédentes, & elles n'y donnent que très-peu d'air assez mauvais; tandis que si l'on verse cette même quantité d'acide dans l'eau commune, contenant du carbonate de chaux ou de potasse, ou dans les eaux distillées & bouillies, auxquelles on aura joint séparément dans chacune une petite quantité de ces deux carbonates; alors les feuilles qu'on y placera au soleil fourniront du gaz oxygène, & les feuilles ne se gâteront point; on en voit clairement la raison: les acides versés dégagent l'acide carbonique des carbonates placés dans l'eau; les feuilles le sucent, l'élaborent & donnent le gaz oxygène sans se gâter, parce que les acides se combinent avec les carbonates.

Le carbonate calcaire des eaux de source, n'a aucune influence sur les feuilles pour leur

faire produire du gaz oxygène, au soleil, quand on le mêle sans acide avec les eaux bouillies & distillées. L'eau bouillie qui en contient encore n'est pas plus propre que l'eau distillée à favoriser l'émission du gaz oxygène hors des feuilles ; mais toutes les deux en favorisent alors le dégagement lorsqu'on y mêle de l'acide carbonique.

Ces expériences montrent quatre substances dans le récipient plein d'eau, chargé d'acide carbonique, lorsqu'on y place une feuille au soleil : l'eau, l'acide carbonique, la feuille, & les gaz rendus. Je ne parle plus ici de la lumière, parce que j'ai montré son indispensable nécessité pour la production du gaz oxygène, ou si j'en dis encore un mot ce sera pour chercher la manière dont elle produit cet effet.

IV. *L'eau* n'est pas la source du gaz oxygène produit par les feuilles qu'on y expose au soleil, puisque les feuilles n'en donnent communément point dans l'eau bouillie & distillée. La terre même qu'on y trouve n'y contribue pas, si l'on ne parvient à dégager l'acide carbonique qu'elle contient. L'acide carbonique dissous dans l'eau ne se décom-

pose pas au soleil, & les eaux qui en contiennent n'en laissent échapper que quelques bulles, lorsqu'elles sont exposées au soleil sous des vases clos & pleins ; & lorsqu'elles sont mises avec des feuilles, à l'obscurité, pour l'ordinaire il n'en paraît point du tout, & quelquefois seulement une quantité très-petite.

V. La *feuille* n'est pas la source immédiate du gaz oxygène qu'elle rend sous l'eau, au soleil, puisqu'elle n'en rend point ou presque point sous les eaux distillées & bouillies, & même point ou presque point à l'obscurité, dans les eaux chargées d'acide carbonique.

VI. Entre toutes les causes probables de la production du gaz oxygène par les feuilles exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide carbonique, il faut donc donner l'exclusion à l'eau & à la feuille ; ce qui conduit à regarder très-probablement l'acide carbonique, contenu dans l'eau, comme la cause productrice de ce gaz oxygène ; sur-tout, si l'on se rappelle l'expérience des feuilles du framboisier épuisées d'air par la pompe pneumatique, sous l'eau bouillie, & transportées ensuite, sans avoir eu le contact de l'air, sous un récipient plein d'eau chargée d'acide carbonique. Si

ces feuilles ont alors fourni environ 16 fois plus d'air que la pompe n'en avait extrait; si elles n'en fournissent point alors dans l'eau distillée ou bouillie, il faut nécessairement que l'acide carbonique, contenu dans l'eau, soit la source du gaz oxygène que la lumière tire des feuilles si abondamment. Voici les fondemens de cette conséquence.

1°. Le gaz oxygène produit par les feuilles exposées au soleil sous l'eau chargée d'acide carbonique, doit être élaboré par elles, puisque cette eau seule ne donne point de gaz oxygène, & seulement quelques bulles d'acide carbonique; puis donc que les feuilles fournissent alors beaucoup plus de gaz oxygéne qu'elles ne sauraient en contenir dans aucun moment; puisque ce gaz produit par les feuilles est tout-à-fait différent de l'acide carbonique par sa respirabilité, sa miscibilité dans l'eau, & sa diminution avec le gaz nitreux; enfin, puisque l'eau chargée d'acide carbonique en perd une partie, quand les feuilles y ont fourni du gaz oxygène, quoique celui-là ne pût s'échapper; il faut que cet acide ait servi à la production du gaz oxygène.

2°. Cette conclusion devient plus pressante, quand on voit que la quantité du gaz oxygène produit par les feuilles, est proportionnelle pour un grand nombre à la quantité de l'acide carbonique dissous dans l'eau, & au tems pendant lequel la feuille y a été exposée au soleil.

3°. Le gaz acide carbonique, suivant Lavoisier, est composé de 28 parties de carbone & de 72 parties d'oxygène; si donc on trouve un corps qui, dans certaines circonstances, ait plus d'affinité avec l'oxygène, que celui-ci avec le carbone, on parviendra à les séparer. On sait que la lumière ou le calorique dégage l'oxygène des acides nitrique & muriatique oxygéné; de sorte qu'il est probable que la lumière produise cet effet sur l'acide carbonique dans les végétaux. Il est vrai que la lumière ne décompose pas cet acide dans l'eau; mais aussi il n'y a pas dans l'eau des corps propres à s'emparer du carbone, comme dans les plantes, & à déterminer la décomposition de l'acide carbonique, soit par l'alkali qu'elles contiennent, soit par l'azote qu'on y trouve, soit peut-être par l'hydrogène qui doit y être:

quoi qu'il en soit, le fait paraît exister malgré notre ignorance sur sa production.

Tennant & Pearson ont décomposé l'acide carbonique, par le moyen du phosphore. Giobert opéra cette décomposition avec le soufre; on apprend aussi que Mussin Puskin a décomposé cet acide par la voie humide, en faisant bouillir le phosphore purifié avec l'alkali végétal, sur-saturé d'acide carbonique par le procédé de Lowitz, & il a obtenu de cette manière du charbon. Les plantes étiolées, qui verdissent à la lumière, sont pleines d'acide carbonique, qui paraît se décomposer au bout de quelques jours, & leur donner la couleur qu'elles prennent par le dépôt du charbon qui résulte de cette décomposition. Il paraît ainsi que la décomposition de l'acide carbonique dans les plantes est aussi bien prouvée que celle de l'eau dans la dissolution des métaux par l'acide sulfurique.

Les plantes vertes rendent dans l'air & à la lumière du gaz oxygène avec un peu d'acide carbonique, comme on l'observe sous l'eau; ce qui arrive, lorsqu'elles ne peuvent pas décomposer complétement celui qu'elles

reçoivent par leurs racines ou la section de leurs tiges, ou les pores de leurs feuilles; alors celui qui ne se décompose pas, est chassé par celui qui s'introduit. Si l'air qui sort des plantes par le moyen de la pompe pneumatique est mauvais; c'est parce que le gaz oxygène se mêle avec l'acide carbonique, qui reste dans la feuille, ou plutôt avec l'azote qui y est enfermé.

Enfin les plantes arrosées avec l'eau chargée d'acide carbonique, ou bien une branche trempant dans une bouteille pleine de cette eau, fermée avec soin, & passant avec ses feuilles dans un ballon de Glauber, exposé au soleil, rend, par l'évaporation, une eau qui ne contient point d'acide carbonique; & si l'on peut quelquefois en remarquer quelques atômes, elle les prend en coulant sur les parois du ballon, pour se réunir dans le vase destiné à la recevoir. Si donc ce gaz acide carbonique, sucé par la plante, a disparu, il faut qu'il ait été décomposé dans la feuille & que le gaz oxygène soit sorti décomposé par la lumière, puisque l'air du ballon est devenu meilleur, & puisque les pleurs de la

vigne apprennent que ce gaz y monte avec la séve.

Je fus curieux de constater l'influence de l'acide carbonique dissous dans l'eau, sur la végétation, par une expérience. Je pris quatre plantes de menthe, égales & semblables; je coupai leurs racines, & je laissai à leurs sommités le même nombre de feuilles; je les mis dans quatre bouteilles de la même forme & de la même capacité : elles avaient des cols étroits, presque fermés par les plantes qui y étaient placées; j'en remplis une avec l'eau commune, qui contenait de l'acide carbonique & dont je remplaçais toutes les douze heures l'eau sucée & évaporée; j'en remplis une seconde avec la même eau que je vidais toutes les douze heures pour la renouveler entièrement; j'en remplis une troisième avec l'eau bien bouillie dont je remplaçais le déficit avec la même eau toutes les douze heures; enfin je remplis la quatrième avec l'eau bouillie que je renouvelais entièrement deux fois dans les 24 heures. Tout cela fut disposé de cette manière au milieu de Prairial, & subsista jusqu'à la fin de Vendémiaire. La première & la troisième eurent des racines

nes 5 ou 6 jours après ; la seconde n'en montra qu'au bout du 10.e jour, & la quatrième au bout du quinzième ; mais ensuite les progrès de la seconde furent plus rapides & plus considérables que ceux de toutes les autres, dont la première était encore fort éloignée. La quatrième eut toujours un air malade, & la troisième annonçait plus de vigueur, parce qu'il s'était formé de l'acide carbonique par la dissolution ou l'altération des racines, qui n'avait pu produire un effet aussi grand sur l'eau de la quatrième si souvent renouvelée. Si la seconde au contraire offrit une si belle végétation, n'est-ce point parce que le renouvellement de l'eau occasionnait un renouvellement d'acide carbonique ?

Si l'on considère à présent la quantité de charbon fourni par les végétaux ; si l'on se rappelle que cette substance si différente des autres est peut-être élémentaire ; si l'on cherche ensuite quelle est son origine ; il me semble qu'on doit trouver ma théorie bien propre à l'indiquer avec une probabilité assez grande. L'acide carbonique s'introduit facilement dans les végétaux ; il y dépose, par

sa décomposition, le charbon qui le forme, & il peut se combiner avec tous les solides & les fluides de la plante, qui se préparen dans les feuilles & l'écorce, ces deux grands laboratoires des végétaux; mais ce qui me paraît augmenter la probabilité de mon opinion, c'est que je ne vois pas d'autres moyens de rendre le charbon dissoluble dans l'eau.

Les parties les plus élaborées des végétaux, comme les huiles & les résines, contiennent le plus de carbone, & c'est sans doute pour cela que la partie verte des végétaux en contient plus que les autres. Berthollet a montré que les parties colorantes du lin contiennent plus du quart de leurs poids en charbon. Les écorces en fournissent plus que le bois. L'indigo, qui est la fécule verte de cette plante, fournit 23 parties de charbon sur 47. Les feuilles où s'opère la décomposition de l'acide carbonique sont aussi le plus grand dépôt de charbon dans les végétaux.

Les plantes qui croissent dans l'eau, sous l'eau, ou sous des cloches, contiennent presque autant de carbone que les autres, quoi-

qu'elles ne puissent le recevoir que de l'acide carbonique que l'eau leur fournit; mais l'air atmosphérique en est pour elles une mine féconde, quand elles communiquent avec lui, & elles périssent bientôt, quand cette communication est rompue.

Les plantes qu'on appelle *grasses*, comme les orpins, les euphorbes, ont très-peu de racines relativement à leurs feuilles ; elles croissent & se développent dans les terrains les plus arides ; elles végètent même assez long-tems, quand elles sont privées de leurs racines, parce qu'elles reçoivent encore par leurs feuilles la matière de leur développement; mais, où la prendraient-elles ailleurs que dans l'acide carbonique, sucé dans l'atmosphère & décomposé par l'action de la lumière?

Enfin, comme j'ai prouvé que l'eau de fumier nuisait beaucoup à la suction des plantes, lorsqu'elle était mêlée avec l'eau commune, ce que Duhamel avait déjà observé sur les oignons ; & comme il est démontré que l'eau ne dissout pas le charbon; il en résulte que le charbon trouvé dans les plantes ne saurait y être probablement porté qu'a-

vec l'acide carbonique; mais je renvoie à tout ce que j'ai déjà dit sur ce sujet.

Pour terminer cette recherche, il est important de montrer que l'acide carbonique, contenu dans l'air, est utile à la végétation; mais, puisque les plantes sucent la rosée qui dissout l'acide carbonique de l'air, & puisqu'elles donnent au soleil le gaz oxygène, il faut qu'il ait été décomposé dans les feuilles comme dans l'eau chargée d'une quantité plus ou moins grande de cet acide. Les plantes trouvent dans l'air un milieu humide qui tient l'acide carbonique en dissolution, & elles le sucent avec l'eau, comme la végétation des plantes grasses permet de le croire. Je n'avais pourtant point fait d'expériences directes, pour prouver ceci dans l'état ordinaire des choses; Desaussure le fils en a fait plusieurs avec beaucoup d'exactitude dont il rend compte dans un mémoire lu à la société d'histoire naturelle de Genève, dans l'an V.

Il établit d'abord par l'augmentation du poids des plantes, qu'elles végètent vigoureusement au soleil, dans une atmosphère qui contient $\frac{1}{12}$ de son volume d'acide car-

bonique; il prouve que cet acide a été élaboré & décomposé par la plante, puisque son volume a été considérablement diminué, quoiqu'il ne pût pas être absorbé par l'eau; &, puisque ce mêlange de l'air commun avec l'acide carbonique était devenu meilleur que l'air commun lui-même. Il observe encore que la plus petite quantité d'acide carbonique ajoutée à l'air commun devenait nuisible aux plantes qu'on y exposait à l'obscurité; ce qui me semble devoir arriver, parce que les plantes dans cet état diminuent beaucoup la quantité du gaz oxygène de leur atmosphère, par la combinaison de leur carbone avec lui, comme on s'en apperçoit par la diminution même de cette atmosphère. Desaussure montre encore que les plantes souffrent à la lumière, lorsqu'il y a dans leur atmosphère plus d'un douzième d'acide carbonique, & qu'elles y périssent, quand il y en a la moitié, comme on peut le comprendre aisément d'après ce que je viens de dire.

Cet ingénieux physicien a démontré la nécessité de cet acide carbonique dans l'air commun pour la végétation, par une expé-

rience sans replique. Il introduisit en pleine campagne, dans un grand ballon dont il avait tapissé intérieurement la surface inférieure avec de la chaux éteinte par l'eau distillée & séchée à l'air, un rameau de chèvrefeuille tenant au terrain & qui ne touchait pas la chaux; il ferma ensuite le ballon avec soin; il mit en même tems, dans un ballon semblable, mais sans chaux, un rameau de la même plante, qu'il ferma avec la même exactitude; au bout de douze jours, le rameau du premier ballon perdit ses feuilles, & la chaux était devenue aërée; l'autre se conserva vert & vigoureux, aussi long-tems que ceux de la plante d'où il sortait, & à laquelle il était resté attaché comme le précédent. Le rameau du premier ballon n'avait pourtant point péri en perdant ses feuilles, il poussa de nouveaux boutons à l'air : ce qui me paraît établir que les feuilles seules étaient tombées, parce qu'elles avaient perdu une partie de leur nourriture, en perdant l'acide carbonique, contenu dans l'air, avec l'humidité que la chaux avait absorbée; mais on voit aussi dans cette expérience, combien d'alimens les feuilles trouvent dans l'air.

L'Institut national demande avec raison, s'il faut que cet acide arrive dans les plantes dissous par l'eau, ou fluide élastique; mais, comme j'ai montré les obstacles invincibles qu'il y avait à la circulation d'un fluide gazeux, dans les vaisseaux plus que capillaires des plantes exposées à toutes les modifications d'une température variable, j'ai donné l'exclusion à cette manière d'introduire le gaz acide carbonique dans les plantes; d'autant plus que toutes les expériences montrent l'augmentation du gaz acide carbonique dans les vases clos où l'on enferme les plantes, sans y appercevoir jamais sa diminution, & l'on sait que sa présence devient nuisible, comme sa privation, lorsque la quantité est plus grande qu'un douzième dans l'atmosphère renfermé. Enfin, comme j'ai prouvé que le gaz acide carbonique se dissolvait dans les vapeurs & dans l'eau, qu'il montait dissous dans les plantes, que les rameaux plongeant dans l'eau chargée d'acide carbonique, donnaient au soleil plus de gaz oxygène que ceux qui n'y plongeaient pas; j'ai montré que ce gaz entrait dissous dans l'eau par les racines & les feuilles.

Il résulte de-là qu'il n'est pas indifférent de faire sucer aux plantes le gaz acide carbonique sous sa forme gaseuse, puisque la circulation d'un fluide gaseux & élastique doit être très-difficile, si elle n'est pas impossible; on sait d'ailleurs qu'en exposant les racines ou la tige d'une plante, ou tous les deux ensemble, à l'action du gaz acide carbonique sans eau, elles y périssent bientôt; tandis que ce gaz favorise leur végétation, quand il est dissous dans l'eau qui le porte dans leurs vaisseaux.

Il y a eu deux opinions opposées, défendues par des expériences, sur la manière dont les plantes se comportent avec l'acide carbonique; les uns ont soutenu que les plantes périssaient dans le gaz acide carbonique; les autres ont établi qu'elles y croissaient fort bien; on a formé les mêmes conclusions sur l'influence de l'eau chargée d'acide carbonique; & Priestley qui se borne toujours à exposer fidellement les résultats de ses expériences, fournit des armes aux défenseurs de chacune de ces opinions.

Il est incontestable que les plantes périssent très-vîte dans une atmosphère de gaz

acide carbonique ; mais les expériences que je viens de raconter, apprennent aussi sûrement qu'elles sont très-vigoureuses dans une atmosphère d'air commun, qui contient un douzième d'acide carbonique, & qu'elles périssent quand l'atmosphère où on les place en est totalement privée. Il parait donc que les plantes qui ont péri dans une atmosphère où l'on avait mêlé l'acide carbonique, n'ont éprouvé ce sort que parce que la quantité de cet acide était trop considérable, & que celles qui y ont végété se sont trouvées dans une atmosphère où le mêlange de l'acide carbonique avec l'air commun, était dans les limites fixées.

Il en sera de même pour les arrosemens faits avec des eaux impregnées d'acide carbonique. Les racines très-fibreuses noircissent, se brisent, quand l'eau est chargée d'une grande quantité d'acide carbonique ; mais cette eau favorise la végétation quand elle en dissout moins, comme mes expériences sur la menthe le font voir. J'ai observé de même que les feuilles de quelques plantes, & sur-tout celles des plantes subaquées, qui ne donnent quelquefois point d'air ou très-peu, quand

l'eau est chargée d'une grande abondance d'acide carbonique, en donnent beaucoup, qûand cette quantité est diminuée.

Della-Torre nous apprend dans son histoire du Vésuve, qu'un jardin arrosé avec ces eaux acidulées par l'acide carbonique, prospérait merveilleusement, & je suis bien porté à croire que l'acide carbonique, dissous dans les eaux qui roulent sur les volcans, & celui qui flotte dans leur atmosphère, occasionnent ce luxe de végétation qu'on observe à leurs bases qui sont cultivées, & qui rend si fameuse la région boisée de l'Etna.

VII. Voici quelques circonstances particulières de cette recherche moins essentielles que les précédentes, mais qui peuvent avoir quelque utilité.

Pour compléter ces preuves, je fus curieux de voir l'effet que produirait sur les feuilles l'eau distillée, chargée de tout l'air commun qu'on peut y faire entrer; je mis au soleil, sous cette eau qui petillait en la versant, une feuille de framboisier; elle me rendit un volume d'air égal à celui de 2,07 grammes ou 39 grains d'eau, je l'essayai par le gaz nitreux, il ne fut pas meilleur que l'air com-

mun; la quantité d'air que j'obtins avec une feuille semblable dans l'eau commune, qui contenait de l'acide carbonique, fut un peu plus grande, mais l'air rendu était beaucoup plus pur.

La plupart des feuilles exposées au soleil sous l'eau de chaux n'y donnent point d'air; mais Spallanzani a remarqué que les feuilles des plantes grasses en donnaient assez; j'aurai l'occasion d'examiner bientôt ce phénomène.

Les feuilles dont j'ai coupé les bords, fournissent autant d'air que celles qui n'ont pas été blessées.

Après toutes les preuves que j'ai données pour montrer la grande probabilité de la décomposition de l'acide carbonique, je ne m'attendais guères à en trouver une nouvelle; lorsqu'étant occupé des procédés propres à abréger la fabrication du cuir, & réfléchissant sur le principe astringent & l'acide gallique, j'imaginai d'exposer au soleil des feuilles vertes de cerisier, sous une forte infusion filtrée d'écorce de chêne, elles y restèrent huit heures.

	Air produit.		*Mélange avec le gaz nitreux.*	*Réduction.*
	Grammes.	Grains.		
Infusion. Le volume de	8,704	164 . 1	mesure de cet air avec 3 mesures de gaz nitreux, réduite à	0,82.
Répétée.	21,548	406 . 1	3	0.70.
Eau commune.	1,963	37 . 1	1	1.

Je fis la même expérience à l'obscurité ; il y eut deux ou trois petites bulles d'air absorbées pendant la nuit ; mais durant 24 heures, il ne se produisit pas alors la plus petite bulle d'air dans l'eau commune. L'infusion exposée au soleil de la même manière sans feuilles ne donna point d'air.

Enfin je trempai l'extrêmité d'un rameau de cerisier dans l'infusion d'écorce de chêne, il tira au soleil, pendant huit heures 1,963 grammes ou 37 grains ; dans un mêlange de parties égales d'eau & d'infusion, il y eut 2,865 grammes ou 54 grains tirés ; mais dans l'eau pure, un rameau semblable tira 17,196 grammes ou 324 grains.

Je répétai toutes ces expériences sur les feuilles & les rameaux de diverses plantes, avec des résultats analogues ; j'observai cependant que quelques herbes furent plus altérées par l'infusion pure de l'écorce, que les feuilles des arbres & arbustes.

Voici les résultats des expériences sur les feuilles de sauge.

	Air produit.		*Mélange avec le gaz nitreux.*	*Réduction.*
	Grammes.	Grains.		
Infusion pure.	Le volme. de 1,911	36 . 1	mesure de cet air avec 1 mesure de gaz nitreux, réduite à	1,10.
$\frac{1}{4}$ infusion $\frac{3}{4}$ eau.	13,442	272 . 1	3	0,80.
$\frac{1}{6}$ $\frac{5}{6}$	11,570	218 . 1	2	0,32.
$\frac{1}{8}$ $\frac{7}{8}$	8.704	164 . 1	2	0,57.

En diminuant davantage l'infusion dans le mêlange, la quantité de l'air & sa pureté diminuèrent; de même, les feuilles de sauge mises sous ces mêlanges à l'obscurité, y contractèrent une mauvaise odeur, quoiqu'elles eussent conservé au soleil celle qui leur est propre; mais j'observai la même altération avec l'eau commune, dans la même circonstance, & dans le même tems.

J'ai répété toutes ces expériences en substituant l'eau bouillie à l'eau commune dans ces mêlanges; mais j'ai eu les mêmes résultats.

J'ai fait ensuite des expériences semblables avec une infusion de la noix de galles; j'ai obtenu des quantités assez grandes d'un air très-pur.

Ces expériences prouvent manifestement que l'infusion d'écorce de chêne favorise la production du gaz oxygène que les feuilles rendent quand elles y sont exposées au soleil; que cette production est pour l'ordinaire proportionnelle à la quantité de l'infusion mêlée avec l'eau, quand la feuille n'est pas trop altérée par l'action de ce fluide; qu'il n'y a point alors d'air produit à l'obscurité, que celui qui est l'effet de l'altération de la

feuille; enfin que quelques feuilles souffrent lorsque l'infusion est trop forte. On observe précisément les mêmes phénomènes, en faisant ces expériences dans l'eau chargée d'acide carbonique; il est pourtant vrai que les rameaux plongés dans l'infusion, en sucent très-peu; tandis que l'eau chargée d'acide carbonique les traverse avec aisance; mais il se trouve dans cette infusion plusieurs parties résineuses & gommeuses qui s'opposent à la suction des rameaux, sans être un obstacle à celle des feuilles.

On peut aisément soupçonner que l'infusion d'écorce de chêne renferme des principes analogues à ceux de l'acide carbonique & Deyeux, dans l'analyse qu'il a faite de la noix de galle, prouve clairement que l'acide gallique qu'elle contient comme l'infusion d'écorce de chêne, est composé de même que l'acide carbonique, d'oxygène & de carbone, & qu'il se décompose facilement à une chaleur très-douce; il paraît aussi par le travail de ce bon chimiste, que l'acide gallique ne diffère de l'acide carbonique que par l'abondance du carbone dans le premier, & son union moins

moins forte avec l'oxygène, sans doute parce qu'il est mêlé avec un peu d'hydrogène & même d'huile; on le change en acide du sucre avec l'acide nitrique.

Je puis conclure de mes expériences & de cette analyse, que l'acide gallique pénètre les feuilles, comme l'acide carbonique, & que ces deux acides y sont décomposés de la même manière par l'action du soleil qui dégage l'oxygène, & laisse le carbone dans le parenchyme des feuilles. Cette suite d'expériences est donc une confirmation de ma théorie sur la décomposition de l'acide carbonique dans les feuilles exposées au soleil sous l'eau chargée de cet acide.

VIII. L'acide carbonique dissous dans l'eau traverse-t-il le pétiole des feuilles, pour arriver jusqu'à elles? quoique ce problême paraisse facile à résoudre, j'ai fait plusieurs tentatives inutiles pour en avoir une solution un peu sûre; enfin j'imaginai de faire passer dans des récipiens pleins d'eau chargée d'acide carbonique, des rameaux de pêcher avec leurs feuilles, de manière que les uns fussent plongés par leur extrêmité dans une bouteille vide, où ils seraient soudés avec

un lut qui fermerait l'entrée à l'eau, tandis que je mis un rameau pareil soudé de même dans une bouteille d'eau chargée d'acide carbonique; tout était parfaitement semblable dans les rameaux, dans l'exposition au soleil, dans la capacité des récipiens, &c. Au bout de dix heures, le rameau plongeant dans la bouteille sèche, me fournit un volume de gaz oxygène égal à celui de 134,546 grammes ou 2535 grains d'eau; le rameau qui plongeait dans la bouteille pleine d'eau chargée d'acide carbonique, me donna un volume de gaz oxygène égal à celui de 255, 559 grammes ou 4815 grains d'eau, avec une diminution de l'eau de la bouteille assez remarquable. J'ai répété souvent cette expérience, & j'ai toujours eu un volume d'air plus grand du rameau plongeant dans la bouteille pleine d'eau aërée, que de celui qui plongeait dans la bouteille vide, mais avec des proportions différentes, suivant la nature des eaux employées pour servir de milieu & remplir la petite bouteille. Il paraît donc que l'acide carbonique passe avec l'eau dans la feuille par son pétiole, qu'il la pénètre par ses pores, & que la feuille le décompose.

IX. Il faudrait chercher à présent d'où vient cet acide carbonique, qui pénètre les plantes végétantes en pleine terre & en plein air; mais j'en ai déjà indiqué les nombreuses sources dans le chapitre précédent.

X. Avant d'aller plus loin, je veux examiner une difficulté & quelques objections faites contre ma théorie; si je parviens à les résoudre, j'augmenterai la confiance qu'elle aura pu inspirer; & si mes solutions ne sont pas satisfaisantes, j'aurai l'avantage de n'avoir trompé personne.

Spallanzani, qui a porté l'œil du génie sur tant de sujets curieux, s'occupait encore de celui-ci dans un but particulier qu'on connaîtra sans doute un jour, mais dont je ne puis parler, parce que nous nous sommes gardés un secret profond sur toutes nos confidences littéraires. Spallanzani m'a communiqué, dans le plus grand détail, toutes les expériences qu'il a faites sur le gaz fourni par les plantes; elles servent de bases à quelques-uns des résultats généraux qu'il donne à Giobert dans sa lettre imprimée & publiée en français dans le journal de physique de l'an VII; je reçus toute l'histoire du travail

de ce grand homme, au milieu de Thermidor, an VI, & je finis de lui donner le résultat des expériences que j'entrepris sur cette matière, à la fin de Vendémiaire de la même année ; il me parut approuver ce que j'avais fait, & il est bien fâcheux que la mort qui l'a enlevé à ses amis & aux lettres, l'ait empêché de refaire les expériences que je raconterai.

Spallanzani vit les plantes grasses & quelques autres en très-petit nombre donner du gaz oxygène sous l'eau privée d'acide carbonique, par le moyen de l'eau de chaux, & sous l'eau de chaux elle-même ; ce qui lui fit soupçonner que ce gaz oxygène ne pouvait être le produit de la décomposition de l'acide carbonique, contenu dans l'eau, & décomposé par la feuille qui l'avait sucé avec l'eau, puisqu'il n'y en avait point. Cette observation m'étonna, & je travaillai sur-le-champ à examiner ce fait, pour renoncer à ma théorie, si je n'en trouvais pas la cause, ou pour approfondir cette matière, si je parvenais à éclaircir cette difficulté.

Pour procéder avec exactitude dans ces expériences, je cherchai la quantité d'air

produite par les eaux que je voulais employer en les exposant seules au soleil dans des vases pleins & fermés par l'eau elle-même; je trouvai que 214 grammes ou 7 onces de l'eau de Rolle que j'habitais alors, donnaient au bout de dix heures d'exposition au soleil un volume de gaz acide carbonique, égal à un volume d'eau de 0,425 grammes ou 8 grains; mais il s'en fallait bien que tout l'acide carbonique, contenu dans cette eau l'eût quittée, comme l'eau de chaux que j'y versai me l'apprit. L'eau chargée d'une grande quantité d'acide carbonique, traitée de la même façon, me fournit pour 244,573 grammes ou 8 onces que j'employai à cette expérience, un volume d'air égal à un volume d'eau de 0, 69 grammes ou 13 grains; cette eau contenait pourtant un volume de gaz acide carbonique plus grand que le sien, & il y était encore après que j'eus fini l'expérience dont je rends compte. Je remarquai à cette occasion, que l'eau commune que j'avais employée à Genève, contenait moins d'acide carbonique que l'eau commune de Rolle, puisque celle-là ne fournissait point d'acide carbonique, quand elle

était exposée seule à l'action du soleil, sous des vases clos.

Je fis d'abord les premières expériences sans mesurer les quantités de l'air produit, en employant les plantes dont Spallanzani s'était servi avec d'autres; j'y employai de l'eau très-bien bouillie, & commençai le 26 Thermidor.

Une feuille de figuier placée au soleil dans l'eau commune, fournit beaucoup d'air; elle en donna aussi dans l'eau bouillie; mais sa quantité était beaucoup plus petite; elle diminua encore, lorsque je l'eus laissé séjourner un quart d'heure dans l'eau bouillie, & cette diminution fut plus grande encore, quand la feuille y eut resté deux heures. Une feuille de pêcher me fournit assez d'air dans l'eau commune, extrêmement peu dans l'eau bouillie, & seulement deux ou trois bulles, quand elle eut été plongée pendant une demi-heure dans l'eau bouillie. Une feuille du *hieracium aurantiacum* donna beaucoup d'air dans l'eau commune, & point dans l'eau bouillie.

Je répétai ces expériences le lendemain en les variant. Les feuilles de pêcher se cou-

vrirent de bulles d'air dans l'eau commune ; j'en vis à peine deux sur celles qui étaient dans l'eau bouillie ; mais ayant fait passer celles-ci dans l'eau commune, elles se couvrirent de bulles d'air comme les premières. Je vis la même chose sur un rameau de rosier, avec cette différence, que les feuilles donnèrent un peu plus d'air que les précédentes sous l'eau bouillie ; mais en introduisant celles-ci dans l'eau commune, elles donnèrent une grande quantité d'air. La feuille du figuier me présenta les mêmes résultats : la feuille du *sedum anacampseros* de Linné me donna autant d'air dans l'eau bouillie que dans l'eau commune ; mais en faisant passer la feuille qui était dans l'eau commune, sous un récipient plein d'eau bouillie, & celle qui était dans l'eau bouillie, sous un récipient plein d'eau commune ; celle qui avait été dans l'eau bouillie, donna beaucoup plus d'air dans l'eau commune que précédemment, & celle qui avait été d'abord dans l'eau commune, en donna un peu moins dans l'eau bouillie, mais plus que celle qui y avait été placée après avoir été coupée sur la plante.

Je voulus établir ces apperçus d'une manière plus exacte ; je pris donc, le 3 Fructidor, les feuilles du *sedum anacampseros* ; je les exposai séparément sous plusieurs récipiens pleins d'eau bouillie, d'eau commune & d'eau fortement chargée d'acide carbonique ; elles y séjournèrent depuis six heures & demie du matin, jusqu'à onze heures, & pendant deux heures, le soleil fut plus ou moins vif. Le terme moyen de l'air produit dans l'eau bouillie, entre trois expériences faites dans le même tems, & dont les résultats étaient assez voisins, fut un volume d'air égal à un volume d'eau de 0,584 grammes ou 11 grains ; dans l'eau commune, de 1,991 grammes ou 37 grains $\frac{1}{2}$; dans l'eau aërée, de 7,962 grammes ou 150 grains.

J'exposai à midi ces mêmes feuilles au soleil, jusqu'à cinq heures & demie : le ciel fut toujours parfaitement serein ; mais je fis une disposition particulière, qui était propre à me fournir quelque lumière sur ce phénomène. Une feuille qui avait été dans l'eau bouillie remise dans une autre *eau bouillie*, donna un volume d'air égal à un volume d'eau

	Grammes ou	Grains.
de	0,067	1 $\frac{1}{4}$

	Grammes ou grains.	
Une feuille de l'eau bouillie mise dans l'*eau commune*, donna	1,818	34 $\frac{1}{4}$
Une feuille de l'eau bouillie mise dans l'*eau aërée* donna	13,905	262
Une feuille qui avait été dans l'eau commune, remise dans une autre *eau commune* donna un volume d'air égal à un volume d'eau de	1,592	30
Une feuille de l'eau commune mise dans l'*eau bouillie*, donna	0,067	1 $\frac{1}{4}$
Une feuille de l'eau commune dans l'*eau aërée*, donna .	28,555	538
Une feuille qui avait été dans l'eau aërée, remise dans l'*eau aërée*, donna un volume d'air égal à un volume d'eau de	4,246	80
Une feuille de l'eau aërée, mise dans l'*eau bouillie*, donna	0,027	$\frac{1}{2}$
Une feuille de l'eau aërée, mise dans l'*eau commune*, donna	0,425	8

J'avais un rameau du *sedum anacampseros* végétant, suspendu dans ma chambre depuis deux mois, j'en pris une feuille que je plaçai sous l'eau commune comme les autres, elle donna un volume d'air égal à un volume d'eau de 0,903 grammes ou 17 grains; & dans l'eau bouillie il y eut seulement un volume d'air produit, égal à un volume d'eau de 0,027 grammes ou un $\frac{1}{2}$ grain. Je n'ai pas besoin de remarquer que l'air fut toujours ramené à la même température.

Le 4, je vis les feuilles qui avaient été dans l'eau bouillie gagner le fond; elles avaient perdu tout l'air qu'elles contenaient nécessairement quand elles y surnageaient.

Je répétai ces mêmes expériences avec plus de soin & d'étendue, & je les fis comme les précédentes sur les feuilles du figuier & du même sedum; elles furent pendant six heures exposées au soleil, le 11.

Feuilles de figuier.

			Grammes ou Grains.	
1.	Une feuille de figuier exposée au soleil sous l'*eau bouillie* donna un vme. d'air égal à un vme. d'eau de		0,027	½
2.	——— ———	*commune*	5,639	106 ½
3.	——— ———	*aërée*	30,572	576

L'air produit du N°. 2 essayé par le gaz nitreux, 1 mesure de cet air mêlée avec 3 mesures de gaz nitr. réduite à 0,17

N°. 3 1 3 0,82

Je changeai ces mêmes feuilles d'eau, & je les exposai pendant six autres heures au soleil, dans ce nouveau milieu.

1 Une feuille de l'eau bouillie remise dans l'eau *bouillie* neuve, donna 1 ou 2 bulles fort petites.

			Grammes ou grains.	
2	——— ——— ———	*commune* ———	3,609	68
3	——— ——— ———	*aërée*	9,139	172
4	Une feuille de l'eau commune remise dans l'eau	*commune*	4,299	81
5	——— ——— ———	*aërée*	11,68	220
6	Une feuille de l'eau aërée remise dans l'eau	*aërée*	8,89	167 ½

L'air produit du N°. 2 essayé par le gaz nitr, 1 mesure de cet air mêlée avec 1 de gaz nitr. réduite à 0,82

3 1 1 0,45

4 1 2 0,80

Feuilles du sedum anacampseros.

		Grammes	ou	Grains.
1	Une feuille du sedum exposée au soleil dans l'eau *bouillie* donna un vme. d'air égal à un vme. d'eau de	0,345		6 ½
2	——— ——— ——— *commune*	0,443		8 ½
3	——— ——— ——— *aërée*	3,891		73 ½

L'air produit du N° 3 essayé par le gaz nitr. 1 mesure de cet air mêlée avec 4 de gaz nitr. fut réduite à 0,89

Je changeai ces mêmes feuilles d'eau, & je les exposai pendant six autres heures au soleil, dans ce nouveau milieu.

1 Une feuille de l'eau bouillie remise dans l'eau *bouillie* neuve donna 1 ou 2 petites bulles.

2	——— ——— ——— *commune* 1 vol. d'air égal à 1 vol. d'eau de	0,703		13 ¾
3	——— ——— ——— *aërée*	4,804		90 ½

	Grammes	ou grains.
4 Une feuille de l'eau commune remise dans l'eau *commune*	0,636	12
5 ——— ——— —— *aërée*	3,502	66
6 Une feuille de l'eau aërée remise dans l'eau *aërée*	2,706	51

L'air produit du N° 2 essayé par le gaz nitr. 1 mesure de cet air mêlée avec 1 de gaz nitreux réduite à 1

N° 3	1	2	0,99
N° 4	1	1	1
N° 5	1	2	1
N° 6	1	2	0,90

L'air commun, essayé de même, 1 mesure mêlée avec 1 mesure de gaz nitr. réd. à 1,04

Il faut pourtant remarquer ici que la différence des feuilles & leur état particulier influent beaucoup sur les quantités de l'air rendu.

Je suivis cette expérience ; le soir, à six heures, je fis une disposition nouvelle de ces feuilles qui furent exposées le lendemain matin au soleil pendant six heures.

Feuilles de figuier.

		Grammes	ou grains.
1	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau bouillie, fut mise dans l'eau *aërée*, elle donna un volume d'air égal à un volume d'eau de	4,405	83
2	Une feuille fraîche mise dans l'eau aërée . . .	19,638	370
3	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau aërée fut mise dans l'eau *bouillie*	2,918	55
4	Une feuille fraîche, mise dans l'eau bouillie. . .	0,478	9
5	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau *commune* fut mise dans l'eau commune	0,77	14 ½
6	Une feuille fraîche, mise dans l'eau commune . .	4,857	91 ½

L'air produit du N°.	1	essayé par le gaz nitr.	1	mesure de cet air mêlée avec 1 mesure de gaz nitr. réduite à 0,04
	2		1	0,37
	3		1	2 0,32
	6		1	3 0,53

Je dois observer qu'il m'est arrivé quelquefois d'obtenir des quantités d'air beaucoup plus grandes dans l'eau bouillie ; mais cela était rare ; & je n'ai jamais pu en savoir d'autres causes que celles que je rapporterai.

Feuilles du sedum.

		Grammes ou grains.	
1	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau bouillie, fut mise dans l'eau *aërée*; elle donna un volume d'air égal à un volume d'eau de	3,635	68 $\frac{1}{2}$
2	Une feuille fraîche, mise dans l'eau aërée. . . .	2,176	41
3	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau aërée mise dans l'eau *bouillie* .	00	elle alla au fond.
4	Une feuille fraîche, mise dans l'eau bouillie . .	une bulle.	
5	Une feuille qui avait été deux fois dans l'eau commune, mise dans l'eau *commune*	0,956	18
6	Une feuille fraîche, mise dans l'eau commune . .	10,615	200

L'air

L'air produit du N° 1	essayé par le gaz nitr.	1	mesure de cet air mêlée avec 1 de gaz nitr. fut réduite à	0,18
N° 2		1	3	0,17
N° 6		1	1	0,58

Le 1er. Vendémiaire, je fis une autre suite d'expériences. J'épuisai d'air autant que je le pus, avec une pompe pneumatique qui était en assez mauvais état, quelques feuilles de ce *sédum* ; je les amenai pourtant au point qu'elles restaient au fond de l'eau : chacune d'elles me fournit un volume d'air qui était égal à un volume d'eau de 0,318 grammes ou 6 grains ; je les fis alors passer sous l'eau de l'expérience, sans être en contact avec l'air, & je les laissai exposées au soleil sous cette eau pendant huit heures.

Une de ces feuilles mise dans l'eau *bouillie* a donné un volume d'air égal à un volume d'eau comparable seulement à une bulle.

Une de ces feuilles mise dans l'eau *commune*

	Grammes	ou grains
a donné un vme. d'air de	2,335	44
Une de ces feuilles mise dans l'eau *aërée*	13,056	246
Une feuille fraîche de ce sedum mise dans l'eau *bouillie* a donné un volume d'air égal à un volume d'eau de	0,345	6 ½
Une feuille fraîche de ce sedum mise dans l'eau *commune*.	0,505	9 ½
Une feuille fraîche de ce sedum mise dans l'eau *aërée*	7,405	139 ½

Je voulus suivre ces expériences sous un autre point de vue, je mis quatre feuilles du sedum, dans l'eau bouillie, sous la pompe pneumatique; j'en tirai l'air jusqu'à ce qu'elles gagnassent le fond & qu'elles y restassent quand l'air était rendu : elles me fournirent un volume d'air, égal à un volume d'eau, de 1,485 gramme ou 28 grains. Une de ces feuilles surnagea quand elle fut exposée au

soleil, le thermomètre indiquait alors 20°; mais la feuille retomba lorsque je plaçai l'appareil à l'ombre; quoique le thermomètre y fut à 16°, elle fournit une bulle d'air : ce qui prouve que l'évacuation n'avait pas été complète; mais je mis une de ces feuilles à l'ombre, dans l'eau chargée d'acide carbonique, elle surnagea au bout de sept minutes, & elle continua de surnager jusques à 11 heures; je l'exposai alors au soleil, où elle donna beaucoup de gaz oxygène; elle en donna même beaucoup plus qu'une feuille semblable qui fut exposée trois heures plutôt, au soleil, dans la même eau : ce qui montre clairement que les feuilles aspirent cet acide carbonique quand elles en sont privées, & qu'elles l'élaborent quand elles sont exposées au soleil. J'ai répété ces expériences à Genève, dans l'an VII, avec les mêmes résultats; mais les ayant faites avec une pompe pneumatique qui était bonne, & ayant laissé les feuilles dans l'eau, sous un récipient vidé d'air, pendant trois heures, puis les ayant fait passer dans l'eau bouillie, sans avoir été en contact avec l'air commun, je n'eus pas un atôme d'air au soleil, tandis que les

mêmes feuilles, traitées de la même façon, me donnèrent beaucoup de gaz oxygène, sous l'eau chargée d'acide carbonique.

Il me paraît donc que toutes ces expériences concourent à établir que le gaz oxygène fourni par les feuilles exposées au soleil sous l'eau bouillie, ou même sous l'eau privée de son acide carbonique par l'eau de chaux, est produit par la décomposition de l'acide carbonique contenu dans leur parenchyme, toujours considérable dans celles qui font observer ce phénomène; d'autant plus qu'on le leur voit rendre sous la pompe pneumatique, quand on y fait cette expérience dans l'eau de chaux.

Cette probabilité augmente quand on considère que la quantité du gaz oxygène, produit par les feuilles exposées sous l'eau chargée d'acide carbonique, n'est point proportionnelle à la quantité d'air qu'elles contiennent individuellement, mais à une certaine quantité du gaz acide carbonique dissous dans l'eau : de sorte que cette augmentation du gaz oxygène rendu, doit avoir une cause; mais comme on ne peut la trouver, suivant mes expériences, ni dans la feuille, ni dans l'eau; il faut qu'elle

soit dans l'acide carbonique décomposé. Cette considération devient plus pressante quand on voit que la quantité d'air rendu au soleil par ces feuilles, dans l'eau bouillie, diminue chaque fois, en les changeant d'eau au bout de quelques heures, parce que la source de cet air se tarit à mesure qu'elle s'écoule; cependant lorsqu'elle a été ainsi épuisée, on la renouvelle, à volonté, en introduisant de l'acide carbonique dans cette eau, ou en faisant passer la feuille dans une eau chargée de cet acide : alors le gaz oxygène reparaît au soleil, comme si la feuille n'avait pas cessé d'en fournir. D'ailleurs on remarque l'influence directe de l'acide carbonique dissous dans l'eau, sur la feuille qu'on y place, puisque les feuilles qui gagnent le fond de l'eau bouillie, par leur évacuation naturelle au soleil ou par celle que la pompe pneumatique opère, surnagent au bout de quelques minutes quand on les place dans l'eau chargée d'acide carbonique; mais si elles donnent alors du gaz oxygène au soleil, n'est-il pas bien probable que celui qu'elles ont rendu d'abord dans l'eau bouillie, est comme celui qu'elles rendent alors dans l'eau chargée d'acide carbonique, le

produit de la décomposition de cet acide, que ces feuilles contenaient avec abondance dans leur épais parenchyme ? Cela me paraît d'autant plus vrai que ces feuilles qui ne donnent plus de gaz oxygène sous l'eau bouillie, en fournissent de nouveau dans cette eau quand elles ont été mises dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Les feuilles de cette espèce qui ont donné le plus d'air, étaient d'abord gonflées, sans rides, & surnagaient ; elles contenaient donc l'air qu'elles ont rendu, ou il était combiné dans l'acide carbonique ; ces feuilles ont donc rendu au soleil dans l'eau bouillie l'oxygène qui faisait partie de cet acide ; aussi elles s'enfoncent dans cette eau, quand elles l'ont perdu, parce qu'elles ne peuvent plus le renouveler ; tandis que les mêmes feuilles placées dans l'eau chargée d'acide carbonique surnagent bien plus long-tems, quoiqu'elles fournissent beaucoup plus d'air, parce qu'elles reprennent de l'acide carbonique dans l'eau à mesure qu'il s'y décompose ; mais elles gagnent aussi le fond, lorsqu'elles se désorganisent, & elles sont alors flasques & ridées.

J'ai observé que quelques feuilles du sedum m'avaient fourni, rarement à la vé-

rité, sous l'eau bouillie une quantité d'air beaucoup plus grande que celle que j'en avais extrait par la pompe pneumatique ; il me semble que cela peut venir de deux causes ; la première est dans l'état de ma pompe qui ne me permit pas de faire dans mes premières expériences un vide assez parfait ; la seconde est probablement dans l'état des choses ; il ne s'est dégagé de la feuille que le gaz oxygène déjà décomposé par l'acte de la végétation, ou qui était prêt à se décomposer entièrement ; de sorte que la feuille exposée au soleil sous l'eau bouillie a décomposé tout l'acide carbonique dissous dans les sucs du parenchyme, & a produit la quantité d'air qu'on a trouvé dans le récipient.

Je tenais depuis deux mois des rameaux du *sedum anacampseros* suspendus dans mon cabinet, ils s'étaient allongés, leurs boutons s'étaient développés, ils avaient fleuri, leurs graines se formaient, mais les feuilles étaient ridées ; j'en mis dans l'eau bouillie, elles y donnèrent bien moins d'air que les fraiches ; mais quand je les eus placées sous l'eau chargée d'acide carbonique, elles se gonflèrent & donnèrent beaucoup de gaz oxygène. On

apprend ici que ces feuilles s'emparent de l'acide carbonique avec une grande facilité, & qu'il est leur aliment fondamental dans l'air où elles le puisent; j'en ai eu la preuve: je plaçai des rameaux semblables du même sedum dans de grands ballons bien fermés, où ils se desséchèrent bientôt, quoique l'air y fut devenu très-humide. Les feuilles des plantes grasses sont leurs vraies nourrices; elles ont un fort épais parenchyme, qui s'imprègne d'eau chargée d'acide carbonique; elles l'élaborent avec lenteur & le retiennent avec opiniâtreté, malgré l'évaporation que la chaleur leur fait éprouver, & l'action de la pompe pneumatique dans quelques cas. Toutes les plantes de la zone torride sont organisées pour un air humide pendant la nuit, & une terre desséchée pendant le jour; mais on sait que cette rosée n'est pas une eau pure & qu'elle rouille d'abord l'acier & le fer qui y sont exposés, ce qui y montre la présence de l'acide carbonique.

On a soupçonné que l'eau bouillie perdait sa faculté de favoriser le dégagement du gaz oxygène dans les plantes grasses, en perdant quelque autre principe particulier qu'on ignore;

mais si l'eau bouillie reprend cette prétendue propriété par l'introduction du gaz acide carbonique, il faut croire qu'elle ne l'avait pas, & que le gaz oxygène produit, est l'effet de la décomposition de l'acide carbonique contenu dans le parenchyme des feuilles; d'autant plus qu'il m'a paru que le gaz acide carbonique des eaux, où les feuilles donnent du gaz oxygène au soleil, diminuait proportionnellement à la quantité du gaz oxygène produit par elles. Cette expérience est à la vérité très-délicate & très-difficile; mais on peut conclure d'un grand nombre d'expériences, dont les résultats sont dans le même sens, ce qu'on ne peut conclure de quelques expériences isolées.

On a soupçonné que les feuilles exposées sous l'eau, au soleil, peuvent rendre le gaz oxygène qu'elles y trouvent. Felix Fontana & d'autres, en ont réellement trouvé dans différentes eaux; & il doit nécessairement y en avoir, puisque les poissons le respirent: mais la quantité de ce gaz y est beaucoup trop petite pour représenter celui qui est rendu par les feuilles exposées au soleil, sous l'eau chargée d'acide carbonique; d'ailleurs, l'eau

bien bouillie est privée de gaz oxygène ; cependant, lorsqu'elle est chargée d'acide carbonique, elle occasionne dans les plantes qu'on y place, une grande évacuation de gaz oxygène. Enfin, quand cette impossibilité se réaliserait, elle ne pourrait ébranler les expériences que j'ai rapportées, & elle offrirait seulement un moyen secondaire de porter le gaz oxygène dans les feuilles.

Hassenfratz, dans les *annales de chimie du mois de juin* 1792, attaque ma théorie par des objections très-ingénieuses ; mais, si je ne me trompe pas, je crois avoir essayé de les résoudre dans le *Journal de Physique, du mois de septembre* 1792. Ce chimiste distingué observe d'abord que les plantes élevées dans l'eau aërée, n'ont pas donné plus de carbone que les autres par l'analyse.

Je remarque que chaque plante ne peut combiner qu'une quantité donnée de carbone ; qu'elle est en rapport déterminé avec son organisation. Il me paraît ensuite, que si la différence du carbone trouvé dans ces plantes, a été petite ; & si la quantité des plantes analysées n'a pas été considérable, il est probable que cette différence ne pouvait pas être

bien sensible : l'acide carbonique contient 28 pour cent de carbone, dont les plantes ne combinent que ce qui leur convient, & dont le superflu s'échappe avec l'acide carbonique, mêlé avec le gaz oxygène, ou s'emploie dans la plante elle-même pour la composition des matières qu'elle forme. Les plantes terrestres, qui végétent dans l'eau, donnent à la vérité les mêmes produits que lorsqu'elles croissent sur la terre; mais elles sont moins robustes, elles combinent moins d'élémens, & par conséquent moins de carbone; leurs racines en particulier souffrent, s'effilent, se décomposent : de sorte que si elles donnent autant de carbone que celles qui ont végété en pleine terre, elles en fournissent proportionnellement plus, puisqu'elles ont souffert dans ce milieu qui ne leur était pas naturel. Enfin, plusieurs plantes aquatiques croissent dans l'eau pure des fontaines, où elles fleurissent & donnent leurs graines, quoique le sable sur lequel elles reposent soit purement siliceux, & qu'il ait été lavé continuellement, pendant plusieurs siècles, par les eaux qui y roulent. J'ai eu le plaisir d'élever des pois, dans l'eau pure d'une fontaine, contenue dans

un verre très-propre, ils donnerent des graines fécondes. Ne pourrai-je pas demander d'où venait le carbone du chêne de Duhamel, qui végéta dans l'eau pendant huit ans, si l'on refuse d'admettre la décomposition de l'acide carbonique qu'il tirait par ses feuilles & qui se combinait dans l'eau de l'expérience ? On ne saurait imaginer que ce charbon fût renfermé dans le gland dont il tire son origine.

Hassenfratz croit qu'il n'y a point d'acide carbonique décomposé par la végétation, " & que l'air pur obtenu est produit par la décomposition de l'eau, parce que la quantité de calorique, dégagée par la combinaison de l'oxygène, de l'hydrogène & du carbone, dans la formation de l'eau & de l'acide carbonique, est plus grande que la quantité du calorique, absorbée dans la décomposition de la combinaison de l'hydrogène & du carbone : d'où il résulte que dans l'acte de la végétation, la quantité du calorique, dégagée par la combinaison de l'hydrogène & du carbone, est moins grande que la quantité du calorique, absorbée par la décomposition de l'eau & de l'acide carbonique ; qu'ainsi il doit y avoir du froid produit, si la végétation est un résultat

de la décomposition de l'eau & de l'acide carbonique, du dégagement de l'oxygène & de la combinaison du carbone & de l'hydrogène. „ Ensuite Hassenfratz compare ces conclusions avec celles de Jean Hunter, qui annoncent que l'acte de la végétation est un produit de la chaleur; & il assure que l'hypothèse de la décomposition de l'acide carbonique, est infirmée d'après les observations du dégagement du calorique, pendant la végétation.

Ce tableau est séduisant; cette théorie est vraiment belle, quoiqu'elle me paraisse assez compliquée, & quoiqu'on n'imagine pas aisément ces compositions & ces décompositions, dont on ne voit pas assez les causes. Je ne sais pas même si cette théorie n'est pas moins simple que mon *hypothèse*; mais cela ne doit rien faire pour la vérité; nos idées du simple & du composé étant toujours relatives à la nature de l'effet produit. Je remarquerai encore que l'idée capitale de cette théorie, ne m'a pas été tout à fait étrangère; j'avais au moins dit dans ma *Physiologie végétale*, de l'encyclopédie méthodique, pag. 39, que Schopff, dans le *Naturforscher*, partie 23, rapporte que la chaleur des plantes, pendant l'hyver, est plus

grande que celle de l'atmosphère, & que cette chaleur est moindre que celle de l'air environnant, depuis le mois de floréal jusqu'à celui de vendémiaire ; mais comme pendant ce tems-là l'acide carbonique est sur-tout décomposé dans les plantes, il s'ensuivrait que les expériences de Schopff, qui méritent au moins autant de confiance que celles de Jean Hunter, seraient une conséquence rigoureuse de mon *hypothèse*. J'aurai l'occasion d'examiner ce sujet dans le chapitre suivant, & je renvoie alors la comparaison des expériences & des conclusions de ces deux naturalistes.

Sans discuter ici la différence entre la chaleur absorbée et dégagée, parce qu'il serait bien difficile de donner quelques résultats déterminés, je me borne à une considération importante. Il est démontré qu'il n'y a point d'oxygène produit d'une manière sensible, sans le concours de la lumière, qui a une grande affinité avec lui ; mais comme dans ma théorie on a le gaz acide carbonique & la lumière agissant l'un sur l'autre, il est probable que l'effet qu'on voit en est le produit. Si l'on ne peut à la vérité affirmer que la lumière soit le calorique, il faut convenir qu'elle

en a plusieurs propriétés ; qu'elle excite la chaleur & qu'elle a des affinités avec l'oxygène : on s'en apperçoit dans l'acte même de la végétation, où ce calorique se combine avec l'oxygène, qu'il dégage du carbone contenu dans l'acide carbonique dissous dans la séve, ou de l'eau qu'il décompose, suivant la théorie de Hassenfratz. Enfin toutes ces considérations sur l'absorption & le dégagement de la chaleur, ne détruisent pas mes expériences ; de sorte que comme on montre ici, par une hypothèse, qu'il n'y a point d'acide carbonique décomposé dans les plantes, il doit paraître que l'hypothèse de la décomposition de l'acide carbonique, appuyée par des faits, est plus probable que l'hypothèse qui la combat ; d'autant plus qu'on substitue à cette décomposition, opérée sous nos sens, par le soleil, dans les végétaux, la décomposition de l'eau, qui est à la vérité probable, mais que l'expérience ne peut encore rendre aussi sensible dans aucun cas de ce genre.

La troisième objection de Hassenfratz est celle-ci : " Si la végétation est réellement une opération de la nature, qui décompose l'acide carbonique & qui rende à l'atmosphère l'oxy-

gène, qui en est une partie constituante, il doit arriver qu'en couvrant une plante en pleine végétation, avec un bocal, qui contient déjà une petite quantité d'air atmosphérique, l'air du bocal, au bout d'un certain tems, doit être considérablement accru de volume, & sa proportion d'oxygène doit être augmentée; mais des expériences très-soignées & très-prolongées, sur des marroniers, ont montré que l'air n'avait éprouvé aucune augmentation dans son volume, quand il était ramené au même degré de chaleur & de pression; & que le degré d'oxygénation de l'air contenu sous la cloche, essayé avec le gaz nîtreux, étoit à-peu-près le même avant et après l'oxygénation. »

J'avais fait les expériences de Hassenfratz, & j'avais eu des résultats à-peu-près semblables aux siens, comme il aurait pu le voir dans mes *expériences sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation :* en un mot, au bout d'un certain tems, j'ai presque toujours trouvé l'air renfermé avec des rameaux de plantes, sous des récipiens de verre fermés par l'eau, & exposés au soleil, un peu meilleur que l'air que j'y avais mis; je l'ai même trouvé plus pur encore, quand j'ôtais ces rameaux de

leur prison pendant la nuit, & quand je les renouvelai tous les jours, ou lorsque le rameau passant sous la cloche était attenant à la plante.

Cependant, comme les résultats de ces expériences n'étaient pas assez tranchans, j'en fis d'autres qui paraissent sans replique; on en trouve les détails dans le livre cité. J'introduisis des rameaux de plantes sous des récipiens remplis des gaz hydrogène & azote parfaitement purs; je renouvellai ces rameaux tous les jours en les retirant & les faisant passer sous l'eau, leurs extrémités plongeaient dans des fioles pleines d'eau; ils étaient exposés au soleil : j'observai journellement, par le moyen du gaz nitreux, l'état des gaz hydrogène & azote; je les trouvai successivement améliorés : de manière que, dans l'espace de 43 jours d'été, ces gaz, très-purs, passèrent de l'état où ils n'avaient souffert aucune diminution, à celui où une mesure du gaz hydrogène, enfermé avec des rameaux mêlé avec une mesure de gaz nîtreux, fut réduite à 0,75, & où l'azote traité de la même manière fut réduit à 0,85. Ces gaz seraient-ils devenus graduellement plus respirables, si les rameaux renfermés avec eux ne leur eussent

pas graduellement fourni du gaz oxygène ? Enfin, le gaz hydrogène, retiré de ces récipiens & enfermé dans le pistolet de Volta, aurait-il détonné violemment ; une bougie aurait-elle brûlé avec vivacité dans le gaz azote de cette expérience, s'ils n'avaient pas été mêlés avec le gaz oxygène, que les rameaux introduits dans leurs atmosphères, leur ont tous les jours distillé ?

Je fis les mêmes expériences dans l'air commun ; avant sa clôture il fut réduit, par le gaz nitreux, à 1,03 ; & au bout de neuf jours, à 0,81 : ce qui prouve pourtant qu'il avait reçu au moins 0,22 de gaz oxygène ; mais il faut reconnaître que cette amélioration ne paraît pas, au premier coup-d'œil, aussi considérable qu'on aurait pu l'attendre : cependant, en combinant toutes les circonstances, on en saisira facilement les raisons, & l'on verra en même tems pourquoi les gaz hydrogène & azote n'ont pas annoncé une plus grande pureté : c'est un fait, que le gaz azote ne peut pas disparaître ; ensuite il est prouvé, par mille expériences, & sur-tout par celle-ci, qu'il s'échappe de l'acide carbonique avec le gaz oxygène, hors des plantes exposées au

soleil. Enfin, mille autres expériences ont montré de même, que le contact des plantes avec le gaz oxygène, sous des récipiens fermés par l'eau ou le mercure, donne naissance à l'acide carbonique, par son union avec le carbone des plantes enfermées; mais cette perte devient d'autant plus remarquable, que la formation de cet acide emporte toujours 72 pour cent d'oxygène, qu'il y en a moins dans l'atmosphère, & que la chaleur qui favorise la végétation & la fermentation, est plus forte; aussi la qualité du gaz oxygène, qui est à-peu-près pur, conserve sa pureté quand il a été lavé dans l'eau de chaux, parce que le gaz oxygène, fourni par les plantes, s'ajoute à celui qui est sous le récipient: ce qui n'arrive pas dans l'air commun, où la proportion entre le gaz azote & le gaz oxygène, est tout à fait différente. Je dois observer ici, que le gaz hydrogène contenait plus de gaz oxygène que le gaz azote, dans les expériences dont j'ai raconté les résultats, parce que le premier a plus d'affinité que le second avec le carbone.

Hassenfratz cherche les moyens d'introduire le carbone dans les plantes: il le trouve d'abord

dans les graines & les oignons. Je ne répéterai pas ce que j'ai déjà dit sur ce sujet ; j'observerai seulement que j'ai toujours cru que le gaz acide carbonique, formé dans la graine, était la cause du premier développement de la plantule. Dans les principes de ce célèbre chimiste, le carbone de la graine pourrait servir d'une autre façon à la germination ; mais je ne pourrai croire que le carbone de la graine puisse favoriser les développemens suivans de la plante, lorsqu'elle est sortie de ses enveloppes & qu'elle commence à paraître au grand jour. Cela me paraîtrait plus compréhensible pour les oignons ; cependant, comme on les voit végéter uniquement par leurs feuilles, lorsqu'elles sont tenues sous l'eau, avec l'oignon, en plein air ; comme on y remarque que le gaz oxygène s'échappe continuellement de leurs feuilles, on est porté à croire que l'oignon est presque passif dans cette végétation singulière ; qu'il vit aux dépens des feuilles, suçant l'acide carbonique ; & qu'il en profite, pour le développement des feuilles, de la fleur & du carbone que la décomposition de l'acide carbonique dissous dans l'eau lui fournit.

Ce physicien distingué pense encore que le carbone contenu dans les engrais, peut s'introduire, dissous par l'eau, dans les plantes; mais les expériences que j'ai faites ne me paraissent pas favoriser cette opinion.

J'ai déjà remarqué que le charbon était indissoluble dans l'eau, & que le calibre des vaisseaux des plantes était trop petit pour le recevoir dans l'état de suspension.

Je mis tremper des rameaux de framboisier dans des fioles à cols longs et étroits; j'en disposai de cette manière dans l'eau de fumier pure, dans l'eau commune & dans le mêlange de ces eaux: elles furent également exposées au soleil. Dans *l'eau de fumier pure*, il y eut 1,061 gramme ou 20 grains d'eau tirée, & le rameau se flétrit au bout de 4 heures. Dans un mêlange *d'un tiers d'eau de fumier & de deux tiers d'eau*, il y eut 2,123 grammes ou 40 grains d'eau tirée, & le rameau se flétrit dans le jour. Je fis passer dans un ballon de glauber un rameau trempant dans le mélange précédent, il y eut 4,246 grammes ou 80 grains d'eau tirée; mais il n'y eut point d'eau rendue. Dans *l'eau commune*, un rameau tira

42,46 grammes ou 800 grains d'eau, & les feuilles étaient parfaitement fraîches.

Je répétai cette expérience d'une autre manière avec des rameaux semblables. Dans un mêlange d'un dixième d'eau de fumier, avec neuf dixièmes d'eau commune, il y eut le premier jour 5,307 grammes ou 100 grains d'eau tirée; & le second, seulement 0,531 grammes ou 10 grains. Dans l'eau commune, le rameau tira le premier jour 54,499 grammes ou 650 grains d'eau; & dans le second, 29,086 grammes ou 548 grains. Je mis enfin une centième d'eau de fumier dans l'eau commune; mais le rameau tira encore beaucoup moins d'eau que dans l'eau commune, & il se flétrit beaucoup plutôt.

Je puis donc conclure que si l'eau de fumier est une dissolution de charbon, elle ne paraît pas favoriser la végétation.

XI. Il est important d'examiner à présent la nature & la quantité de l'air rendu par les végétaux exposés au soleil, dans l'eau chargée d'acide carbonique. Voici les résultats que j'ai trouvé souvent.

J'observe d'abord, que si l'air produit alors par les feuilles était l'acide carbonique, il

se dissoudrait, de nouveau, dans l'eau où on le conserverait. J'ai pourtant vu l'air obtenu des framboisiers, par ce moyen, & conservé sur l'eau, dans des récipiens cylindriques, bien calibrés, depuis le commencement de messidor jusques au commencement de fructidor, diminuer d'un septième. Les $\frac{6}{7}$ restans, mêlés avec deux mesures de gaz nîtreux, furent réduits à 0,45. Une mesure d'air commun, mélée avec une mesure de gaz nitreux, fut réduite à 0,99.

Sans entrer ici dans de plus grands détails, qui seraient inutiles, j'observerai seulement que ce résultat offre un degré de pureté moindre, pour le gaz rendu par les feuilles, que le terme moyen de plusieurs expériences de ce genre : comme on aura pu le voir par divers résultats que j'ai déjà donné. Il est donc certain que l'air rendu par les parties vertes des végétaux exposés au soleil, sous l'eau chargée d'acide carbonique, contient beaucoup plus de gaz oxygène que l'air commun ; qu'il est pourtant plus ou moins mêlé avec l'acide carbonique & avec un gaz indissoluble dans l'eau, ou le gaz azote, comme je m'en suis assuré.

J'ai observé généralement que le gaz oxygène fourni par les feuilles exposées au soleil, sous l'eau chargée d'une grande quantité d'acide carbonique, est plus pur que le gaz oxygène fourni par les feuilles qu'on place dans l'eau, qui en contient beaucoup moins, comme l'eau commune. Il me semble qu'on peut affirmer que, dans tous les cas, le gaz oxygène recueilli de cette manière est d'autant plus pur que sa quantité est plus grande, lorsque les feuilles de la même plante, mise en expérience, ont la même surface : il n'y a pourtant point d'autre différence que la quantité d'acide carbonique contenue dans les eaux. Il paraîtrait donc qu'une décomposition rapide & abondante du gaz acide carbonique, en fournissant beaucoup de gaz oxygène, lui fait éprouver seulement par le contact des feuilles, l'altération qu'un volume plus petit éprouverait alors, & qui doit paraître d'autant plus sensible que son volume sera moindre.

Il serait très-difficile d'estimer la quantité du gaz oxygène rendu par les feuilles, parce que cela dépend d'une foule d'élémens qui sont très-variables : tels sont l'âge, l'état de la

feuille, la saison, la sérénité du ciel, la quantité de l'acide carbonique dissous dans l'eau. J'ai donné dans mes divers ouvrages sur ce sujet, une foule d'expériences qui apprennent la quantité du gaz oxygène produit dans ces différentes circonstances & dans plusieurs autres que j'ai imaginées ; mais il m'est impossible de rien déterminer encore sur ce sujet.

Je finis cet article par une observation qu'on pourra croire mieux placée ailleurs, mais qui me semble produire ici l'effet que j'en attends. Si l'acide carbonique n'est pas la source du gaz oxygène rendu par les feuilles, on ne trouve plus la source de l'azote qu'il contient & de celui qui est logé dans les plantes ; car il me semble probable, comme je l'ai déjà remarqué, que l'acide carbonique le porte avec lui & l'abandonne en se décomposant. On ne trouve pas mieux la source du carbone, existant si abondamment dans les plantes, puisqu'en supposant qu'il y soit introduit mêlé dans l'eau, je ne vois pas comment il décomposerait celle-ci pour former le gaz oxygène ; car s'il décomposait l'eau, il s'unirait avec l'oxygène, qui est un de ses élémens, & l'on

aurait l'acide carbonique comme on le lui voit former : il ne s'unirait pas avec l'hydrogène, puisque le gaz oxygène enlève le carbone au gaz hydrogène carboné ; d'ailleurs, dans l'acte de la végétation, il n'y a point de gaz hydrogène manifesté d'une manière apparente qui soit certaine ; mais on a toujours du gaz oxygène. Enfin, le gaz hydrogène & le carbone, enlèvent toujours l'oxygène à l'azote, dans l'acide nitreux.

XII. Les feuilles rendent-elles sous l'eau aërée, au soleil, le même gaz qu'elles paraissent rendre dans l'air ? D'après tout ce que j'ai dit, on doit comprendre que la différence des milieux doit en introduire beaucoup dans les résultats, & qu'ils ne sauraient jamais être uniformes. Je tentai cependant une expérience, qui peut être une espèce de réponse à cette question : on pourrait la croire satisfaisante, mais je la regarde comme un effet d'une combinaison particulière, dépendant de l'état de l'air dans le moment où je la fis, de la quantité d'acide carbonique contenu dans l'eau que j'employai, & de la capacité de mes récipiens.

Je pris quatre récipiens égaux; j'en remplis deux avec l'eau d'une source, & les deux autres avec l'air commun, je fis passer sous les deux premiers un rameau de framboisier; je mis un rameau semblable, trempant dans l'eau sous un récipient plein d'air commun, & fermé par l'eau; je laissai l'autre sans y rien mettre; mais je couvris d'eau les cuvettes sur lesquelles tous les deux reposaient; ensuite je les exposai le matin tous les quatre au soleil pendant le même tems jusqu'au soir; j'avais éprouvé l'air commun par le gaz nitreux avant sa clôture, je le trouvai réduit à 1,04; les rameaux renfermés sous les récipiens pleins d'eau, donnèrent au bout de huit heures un volume d'air égal à un volume d'eau de 23,778 grammes ou 448 grains, dont une mesure mêlée avec une mesure de gaz nitreux, fut réduite à 0,25; l'air commun du récipient dans lequel le rameau avait été exposé au soleil, mêlé avec le gaz nitreux, fut réduit à 1,00; alors, retirant le gaz oxygène fourni par un rameau semblable, exposé dans l'eau au soleil, je le fis passer dans le récipient, où il n'y avait que de l'air commun; après les avoir

mêlés, je trouvai le mêlange de quelques millièmes de ma division meilleur que l'air du récipient où le rameau avait été exposé au soleil.

Cette expérience prouverait que les choses se passent jusqu'à un certain point dans le récipient plein d'eau, comme dans celui qui est plein d'air; mais on peut augurer que le gaz oxygène fourni par les plantes en liberté est meilleur que ce gaz fourni par les plantes renfermées sous un récipient dans l'air, parce que les plantes y souffrent beaucoup par la grande humidité qu'elles éprouvent; je le crois même meilleur que le gaz rendu par elles sous l'eau, parce que les plantes y sont altérées; mais il faut reconnaître que la quantité de gaz produite sous l'eau, doit être plus considérable que dans l'air, parce qu'elles y ont plus d'acide carbonique à élaborer, & qu'il y a une puissance plus grande pour le faire sortir.

XIII. Il paraît donc que l'action du soleil est indispensable pour la production du gaz oxygène que les feuilles rendent au soleil sous l'eau & à l'air; il est pourtant vrai que les plantes vertes ne donnent point de gaz

oxygène, lorsqu'elles ne sont pas exposées immédiatement à la lumière du soleil; mais c'est sans doute, parce qu'il ne se décompose alors que la quantité d'acide carbonique nécessaire pour la végétation, & que le gaz oxygène produit se combine avec le végétal; tandis qu'en plein soleil il s'en décompose une quantité plus grande, & que le gaz oxygène qui ne peut se combiner, est forcé de s'échapper : c'est aussi pour cela que les feuilles ne rendent point d'air à l'obscurité, même sous des vases exposés à l'action du soleil lorsque sa lumière leur est totalement interceptée, parce qu'il n'y a point d'acide carbonique décomposé; aussi les feuilles restent jaunes, comme je le prouverai.

Si quelque expérience peut prouver que les feuilles saines ne donnent point d'air à l'obscurité, après toutes celles que j'ai multipliées & variées dans mes *expériences sur l'influence de la lumière solaire dans la végétation*, ce sont celles-ci. Je pris des feuilles que je plaçai sous l'eau au soleil; elles s'y couvrirent de bulles; je plaçai avec précaution les récipiens où les feuilles portaient ces

bulles, & dont aucune ne s'était détachée dans une obscurité totale, & je retrouvai ces bulles sur les feuilles après qu'elles y eurent passé la nuit; il n'était pas monté un atome d'air dans le récipient; j'ai eu les mêmes résultats avec des feuilles de différentes formes; mais je n'entre pas dans de plus grands détails.

Ingenhous croit que les feuilles placées sous l'eau à l'obscurité, donnent un *air fort mauvais*, que les végétaux abandonnés à eux-mêmes dans l'atmosphère répandent un *air fort empoisonné* pendant la nuit; mais il serait difficile de caractériser la nature de cet air d'après les descriptions de ce grand physicien, comme je l'ai fait voir dans le livre cité.

Pour moi, je crois pouvoir assurer que les plantes saines, mises sous des vases clos gâtent l'air pendant le jour & pendant la nuit, que ce n'est point par un air empoisonné qui s'en échappe, mais qu'il y a de l'acide carbonique formé par la combinaison du gaz oxygène de l'air avec le carbone de la plante, puisque l'air du récipient se charge d'acide carbonique, & se trouve diminué à-peu-près

de la quantité du gaz oxygène nécessaire pour cette production; que les plantes pendant le jour rendent, lorsqu'elles sont exposées au soleil, une petite quantité d'acide carbonique & d'azote avec le gaz oxygène qui en sort; qu'elles fournissent une plus grande quantité d'acide carbonique & de cet azote dans l'air à l'obscurité qu'à la lumière, parce que celle-ci, par son antisepticité, diminue l'altération que les plantes éprouvent dans leur clôture; enfin qu'elles ne donnent aucune espèce d'air sous l'eau à l'obscurité. Priestley affirme positivement dans ses expériences *on the génération of Air from Water*, p. 38, publiées dans l'an II, que les plantes ne fournissent aucun air pendant la nuit.

Ceux qui voudraient étudier cette matière à fond & juger sur les pièces, doivent lire les *expériencces sur les végétaux* 2 *vol.* par Ingenhous, où ce physicien ne s'interdit aucun moyen pour défendre son opinion. Mais il y faut joindre mes *mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire dans les trois règnes de la nature*, & sur-tout mes *expériences sur l'influence de la lumière solaire dans la*

végétation, où je crois avoir établi par de bonnes expériences, que les plantes saines, mises dans l'eau pure, ne fournissent pas un atôme d'air à l'obscurité, ou même quand on les y expose dans l'eau chargée d'acide carbonique. Je finis pour éviter une discussion qui serait inutile ici, quoiqu'elle ne fût pas absolument sans intérêt.

XIV. Je réunirai sous cette division quelques faits particuliers, relatifs à l'action de la lumière sur les plantes.

Si l'on place des végétaux sous des récipiens, & si l'on intercepte leur communication avec l'air commun par le moyen du mercure, ou d'un lut mis en dehors; l'air du récipient sera beaucoup moins bon que lorsqu'on renferme le récipient avec l'eau; on en comprend aisément la raison, quand on sait que l'acide carbonique, formé par l'union du carbone des plantes avec le gaz oxygène de l'air, se dissout en partie dans l'eau avec laquelle il est renfermé, au lieu qu'il reste mêlé avec l'air qui repose sur le mercure, ou sur quelqu'autre substance sans affinité avec ce gaz.

Les

Les feuilles sèches ne donnent point d'air lorsqu'elles sont exposées au soleil dans l'eau chargée d'acide carbonique; les feuilles gelées n'en laissent point échapper; les feuilles jaunes en produisent peu; les feuilles malades n'en fournissent presque point; les feuilles panachées n'en font remarquer que dans leurs parties vertes; les feuilles étiolées n'en font point observer. Ingenhous a vu que les feuilles coupées en très-petits morceaux continuent à donner de l'air, mais que les feuilles pilées n'en donnent point; ce qui prouverait que le gaz oxygène rendu par les feuilles, est le produit d'une élaboration particulière.

Les parties mortes des végétaux se combinent avec le gaz oxygène de l'air qui les brûle; aussi leur teinture verte à l'esprit de vin, conserve sa couleur au soleil, dans des vaisseaux pleins & bien fermés; tandis qu'elle y prend une couleur paille au soleil & à l'air.

Succow a observé que les champignons exposés à la lumière fournissent les gaz acide carbonique & hydrogène, qu'ils se conservent frais dans le gaz oxygène dont ils combi-

nent une grande quantité, & qu'ils deviennent bruns dans le gaz hydrogène. Humboldt a confirmé ces observations par les siennes; mais j'ai déjà fait remarquer que ces plantes étaient susceptibles d'une fermentation plus forte que les autres ; que ces gaz acide carbonique & hydrogène qu'elles développent, en sont la preuve & les produits ; aussi elles paraissent croître mieux à l'obscurité, parce que la lumière retarde leur fermentation en dégageant le gaz oxygène, ou en empêchant sa combinaison avec leurs parties constituantes.

Comparetti, qui a bien saisi mon opinion sur la nutrition des végétaux par le moyen de l'acide carbonique, charrié avec la séve, ou sucé par les feuilles avec l'eau de l'atmosphère, établit dans son prodrome déjà souvent cité, que ce suc s'arrête dans les cellules du parenchyme, où il se décompose par l'action de la lumière en carbone & en oxygène. Il a découvert que les paquets des trachées sont environnés de petits vaisseaux à sucs propres, liés par un réseau & communiquant entr'eux ; il soupçonne que le fluide préparé par les trachées passe dans les

vaisseaux propres, lorsqu'il est décomposé, & qu'il reçoit l'acide carbonique dans les cellules où il a observé une grande quantité de cet acide; il a sur-tout remarqué dans les troncs, les pédicules & les feuilles des plantes macérées dans l'eau, après leur avoir enlevé quelques paquets de trachées, quelques morceaux de parenchyme, ou quelques vaisseaux propres, qu'en pressant avec le doigt une lame de ces parties enlevées, on voit les bulles courir dans les trachées, rentrer dans les cellules, passer des unes dans les autres, & sortir par les vaisseaux propres; c'est là que cet acide se décompose, que le carbone reste, & que l'oxygène combiné avec la lumière, s'échappe au travers des pores de l'épiderme. Cette anatomie subtile est digne de l'anatomiste de Padoue; mais je suis fâché que ces belles observations qui sont sans doute très-instructives, aient été faites après la macération qui dérange l'ordre des choses naturelles par la fermentation qu'elle introduit.

XV. J'ai parlé des rapports de la lumière avec le calorique, ils ne sont pas tout-à-fait avantures; il paraît même que si le calori-

que diffère de la lumière, on peut croire que la lumière en a les propriétés. Si l'on noircit la boule d'un thermomètre, la lumière du soleil le fait monter beaucoup plus haut que lorsque la boule n'est pas noircie; les corps noirs s'échauffent plus au soleil que les corps blancs; en général les corps qui réfléchissent la lumière ou qui la laissent passer facilement, acquièrent moins de chaleur, & se fondent plus lentement au foyer d'une lentille, que ceux qui la reçoivent & s'opposent à sa sortie; ce qui prouverait qu'elle concourt à augmenter leur chaleur. Berthollet croit que le calorique est la lumière qui a perdu une grande partie de la vîtesse de son mouvement. Scheele & Monge l'ont cru de même; peut-être que la réfraction que la lumière éprouve dans les corps transparens, est la cause de la chaleur qu'ils manifestent, lorsqu'ils sont exposés à son action, par le retardement de son mouvement. J'ai prouvé par des expériences, que les rayons les plus réfrangibles, comme les violets, étaient les plus chauds; ce sont eux aussi qui désoxident le plus vîte le muriate d'argent, & qui décomposent le plus d'acide carbonique dans

les feuilles. Le diamant qui réfracte la lumière plus que sa densité ne paraît l'annoncer, semble fixer la lumière au dedans de lui, & devient phosphorique quand il y a été exposé; c'est sans doute par la même raison, que la terre, les gommes, le chanvre deviennent phosphoriques, suivant les belles observations de Beccari. Les expériences de Dizé feraient croire que la lumière est formée par l'accumulation du calorique.

XVI. Le gaz oxygène que les plantes versent toujours dans l'atmosphère est sans doute un des moyens de la nature pour réparer les altérations que mille causes font éprouver à l'air que nous respirons. J'avais fait un grand nombre d'expériences pendant le jour & pendant la nuit, au soleil & à l'ombre sur la pureté de l'air; mais j'avoue que je n'avais pu y découvrir par le moyen du gaz nitreux aucune différence sensible. Spallanzani m'a écrit qu'en opérant avec l'eudiomètre à phosphore, il avait toujours trouvé l'air un peu meilleur dans les lieux où il y avait des plantes exposées au soleil, que dans ceux qui étaient à l'ombre de ces mêmes plantes, & par conséquent qu'il l'a toujours observé

plus pur pendant le jour que pendant la nuit. Ce moyen de purifier l'air n'est pas même anéanti pendant l'hiver, quoique son énergie soit bien diminuée ; mais il faut remarquer aussi que les causes qui altèrent la pureté de l'atmosphère, sont alors moins actives & moins nombreuses. De sorte que cette ressource de la nature, qui ne saurait être la seule pour remplir ce but dans toutes les saisons, l'atteint cependant proportionnellement pour sa part au rôle qu'elle doit jouer dans cette opération générale.

On sait que dans les climats chauds, il y a un grand nombre de plantes qui végètent pendant toute l'année, & qui doivent y répandre constamment beaucoup de gaz oxygène ; mais dans nos climats, pendant l'hiver, toutes les plantes vertes en fournissent, comme mes expériences me l'ont appris. J'ai vu des mousses donner beaucoup d'air sous l'eau au soleil, pendant que le thermomètre à l'ombre montrait six ou sept degrés au-dessous de zéro ; l'ellébore fétide, le buis, le gui &c. ont produit les mêmes effets dans le même tems. Voici les noms des diverses plantes de

la Suisse toujours vertes, qui peuvent toujours fournir du gaz oxygène.

Pinus, abies, picea, cembra, sylvestris.
Juniperus communis, sabina.
Taxus baccata.
Ilex aquifolium.
Buxus sempervirens.
Vinca minor, major.
Hedera arborea.
Ulex europæus.
Viscum album.
Empetrum nigrum.
Erica carnea, vulgaris, arborea.
Laurus nobilis.
Helleborus fœtidus.
Daphne laureola.
Euphorbia sylvatica.
Rusci.
Bellides.

Il faut joindre à ces plantes les familles nombreuses des graminées vivaces & des mousses ; quelques fougères couvertes de neige ; les tremelles, les conferves & un grand nombre de plantes subaquées.

J'explique la décomposition de l'acide carbonique dans les feuilles par l'action de la

lumière qui arrache l'oxygène au carbone, pour en former un gaz ; mais comme l'acide carbonique n'est pas décomposé dans l'eau de cette manière, j'avais soupçonné que les sucs de la plante favorisaient cette décomposition par le jeu des doubles affinités. Fourcroy pense qu'on pourrait expliquer cette décomposition, en admettant une affinité triple, entre l'hydrogène, le carbone & une petite dose d'oxygène soumis ensemble à une température peu élevée, tandis qu'une grande quantité de lumière solaire favorise cette décomposition en attirant puissamment l'oxygène de son côté, & en tendant à le fondre, ou à le dissoudre en fluide élastique. Cette explication vraiment ingénieuse mérite bien d'être examinée ; mais, comme l'observe ce grand chimiste, il faudra des expériences répétées avec plus de soin encore, que celles qui ont été faites jusques ici sur cet objet, pour décider cette grande question ; c'est ce qu'on lit dans son excellente histoire de la chimie, *Encyclopédie méthodique, Dictionnaire de chimie T. III.*

On trouvera ce chapitre bien long ; mais l'importance de la lumière dans la végétation &

quelques-uns des phénomènes remarquables qu'elle y produit, m'ont engagé à fixer sur elle les regards. On me paraît bien éloigné de connaître tous les effets que la lumière occasionne dans les plantes & dans la nature; les découvertes qu'on a faites en indiquent qui seront bien plus capitales, & les changemens qu'elles ont déjà opéré sur la physiologie végétale, laissent soupçonner de nouvelles ressources pour les augmenter & leur donner une perfection beaucoup plus grande.

CHAPITRE VIII.

De la chaleur & du froid relativement aux plantes.

LE mot *chaleur* réveille des idées différentes dans l'esprit de ceux qui s'en occupent. Le chimiste y cherche une matière dont il veut connaître les affinités & les combinaisons ; le physicien pense à sa communication & mesure son intensité ; le botaniste philosophe y considère la force qui ranime la végétation, & qui brise dans nos campagnes les chaînes de l'hiver. N'imaginons pas pourtant que la nature soit oisive pendant cette pause apparente, elle achève en silence les boutons, & elle les prépare à recevoir l'influence énergique du printems.

Je ne me propose point de faire ici des recherches sur la chaleur, ni même de proposer des considérations sur sa manière d'agir pour faire végéter les plantes. Dans le

premier cas, je rapporterais mille choses étrangères au but de cet ouvrage ; dans le second, je me perdrais dans des idées vagues quand elles ne seraient pas hasardées.

§. I. *Influence de la chaleur & du froid sur les plantes.*

Les effets de la chaleur sur les plantes sont ceux qu'elle fait éprouver aux autres corps ; elle dilate plus ou moins leurs liquides & leurs fluides, elle les dessèche ; mais dans le même tems elle favorise la fermentation de certaines substances ; elle détermine la germination des graines, que la gelée suspend ; elle anime la plantule, & les plantes que l'hiver a rendu léthargiques, en excitant cette fermentation qui détermine leurs progrès, en décomposant l'acide carbonique, & en favorisant l'ascension de la séve & sa préparation.

Quand la chaleur est vive & longue, quand elle réduit en vapeurs une quantité trop grande des fluides des plantes, quand elle arrache au sol les sucs qui doivent remplacer ceux qu'elle enlève aux végétaux, alors ils languissent & ils meurent enfin par la privation de l'aliment qui devait les soutenir.

Ces rapports des plantes avec la chaleur sont bien les mêmes pour toutes relativement à son influence générale ; mais ils varient dans le degré : tandis qu'il y a des végétaux qui bravent les ardeurs de la zone torride, il y en a qui peuvent croître seulement sur les bords de la neige. On voit des plantes dont les fleurs dévancent le printems, comme le *daphne mezereon*, tandis que d'autres ont besoin des feux de la canicule pour fleurir. Les plantes des hautes Alpes sont déplacées dans nos plaines, elles y souffrent autant de la chaleur de nos étés que du froid de nos hivers ; il leur manque leur sol, leurs neiges & leur atmosphère. On connaît des plantes qui supportent des chaleurs très-fortes. Secondat parle d'une espèce de *tremella reticulata* qui végète à Dax dans un bassin d'eau, où la chaleur est de 49° ; elle est même la plus vigoureuse dans l'endroit où l'eau sort de sa source, & où elle est la plus chaude ; sa couleur est jaune tannée, l'eau ne paraît pourtant contenir qu'une très-petite partie de muriate de soude. Sonnerat a vu le *vitex* & l'*agnus castus* près d'une source qui avait 69° de chaleur. Forster les a observé dans l'isle

de Tanna au pied d'un volcan, où le terrain avait la chaleur de 210° du thermomètre de Farenheit. La *conferva thermalis* végète dans les bains de Carlsbad avec une chaleur de 145 à 150° du même thermomètre. Adanson mit la boule du thermomètre de Reaumur dans le sable du Sénégal, l'esprit de vin y monta à 61° $\frac{1}{3}$; cependant plusieurs plantes y sont toujours vertes.

L'action seule de la chaleur sur la terre & les plantes ne saurait produire la végétation; il faut qu'elle dilate & vaporise leurs fluides, qu'elle perfectionne leurs mêlanges, qu'elle entretienne leur fermentation, qu'elle développe l'acide carbonique dans le sol; il faut encore une irradiation prolongée de la lumière sur le végétal; il y a des rapports multipliés de la chaleur & de la plante avec le terrain & avec l'air. Si l'on considérait la chaleur indépendamment de toutes les autres circonstances, on serait forcé de renoncer à découvrir son influence sur les plantes, puisqu'avec la chaleur obscure on a seulement des plantes étiolées.

Les effets d'une forte chaleur sont pour l'ordinaire ceux d'un grand desséchement qui

fait périr la plante, ou d'une forte dilatation qui la crevasse.

Les plantes sont des corps, dont l'organisation ne peut supporter qu'un certain degré de chaleur qui varie suivant les espèces; elles périssent quand la chaleur dépasse beaucoup ce degré. Les plantes alpines & septentrionales supportent à peine une chaleur de 26 à 27°. Les plantes méridionales des pays les plus chauds périssent, lorsqu'elles éprouvent une chaleur de 5 à 6°; mais elles vivent fort bien dans une atmosphère de 40 à 45°. Dans le premier cas, les solides & les fluides ne peuvent soutenir la raréfaction occasionnée par la chaleur; elles s'épuisent, parce qu'elles ne peuvent remplacer ce qu'elles perdent; dans le second, il y a une stagnation dans leurs humeurs, qui précipite leur fin; ce qui me paraît produit par l'équilibre qu'il doit y avoir entre leur suction & leur transpiration, mais cela dépend sans doute de la nature de leur épiderme.

Les plantes de tous les climats se développent plus ou moins dans tous, avec des soins pour leur procurer une température qui ressemble à celle de leur patrie; mais

elles cessent souvent alors de donner des fleurs & des fruits ; il faut une préparation plus parfaite de leurs sucs, pour développer les organes de la fructification, qui exigent plus particulièrement un degré de chaleur déterminé dans de certaines limites ; quand il est trop fort pour quelques-unes, il dissipe des sucs nécessaires, & quand il est trop faible pour quelques autres, il ne raréfie pas assez leurs sucs pour développer les boutons à fleurs.

Dans nos climats, la plupart des plantes végètent d'une manière sensible, quand le thermomètre se soutient entre 8 & 10°, en supposant cependant que les nuits soient sans gelées fortes ; mais, comme les plantes méridionales ont à certains égards une organisation particulière, comme toutes les plantes ne végètent pas dans le même tems, & comme chaque espèce a besoin d'une somme de chaleur différente pour se développer, il serait curieux de suivre les différences intrinsèques de ces espèces pour y découvrir ce qui sollicite en elles cette différence de température. Ces recherches importantes n'ont point été faites, & l'on parviendrait peut-être à les

réaliser utilement, si l'on observait d'abord les changemens que la différence des climats opère dans toutes les parties des plantes dépaysées & aclimatées dans des régions où elles ne se trouvent pas naturellement.

Le froid ou la diminution de la chaleur resserre les vaisseaux & les fibres, condense les fluides, retarde ou suspend la fermentation, ralentit ou arrête la végétation, la germination, la suction de la séve, la transpiration, & change par conséquent la quantité & la qualité des sucs nourriciers. C'est ainsi qu'on voit souvent s'arrêter, au printems, le développement des fleurs & des feuilles. C'est ainsi que plusieurs plantes méridionales, qui sont vivaces dans leur patrie, deviennent annuelles dans la nôtre; quelques-unes qui végétent vigoureusement, ne donnent que des feuilles sans fleurs, ou des fleurs sans fruits; mais on ne peut suivre les événemens de la campagne, sans remarquer sur eux l'influence de la chaleur.

Quoique la diminution de la chaleur produise des effets aussi marqués sur les végétaux, dont le développement commence à s'opérer, ou sur ceux en qui il est complet, elle n'arrête

pas

pas néanmoins une vie plus intérieure & plus sourde : après les hivers les plus rigoureux, la végétation est presque aussi prompte qu'après les hivers les plus doux, quand les autres conditions sont égales. En suivant l'histoire des boutons, on s'apperçoit bientôt qu'ils sont plus avancés aux mois de pluviose & ventose, qu'aux mois de brumaire & de frimaire ; mais quand ils n'auraient fait aucun progrès, ils auraient toujours conservé l'état qu'ils avaient en automne : le parenchyme sous l'épiderme, le bouton sous ses écailles, ont bravé la rigueur du froid ; cependant le gel le plus faible détruit les boutons des vignes, au moment de leur épanouissement. L'étui léger qui les recouvrait aurait-il pu les garantir de la gelée ? ou plutôt devraient-ils leur conservation à la quantité ou à la qualité de leurs sucs, ou même peut-être à l'air interposé entre leurs écailles ?

Plusieurs plantes indigènes des climats du nord, les arbres, comme le bouleau, affrontent des froids qui font descendre le thermomètre jusques à la congélation du mercure, ou à — 32°, & l'on ignore si ce froid est le plus violent, Pallas l'a mesuré à Krasnojarck, en Sibérie. Nos plantes résistent à des froids qui

font descendre le thermomètre à - 17°, quoique la terre ne soit pas alors couverte de neige, comme je l'ai vu. Rafn, dit que les chênes ont supporté impunément en Danemarck, un froid de - 25°. J'ai vu souvent, après des hivers sévères, que les extrémités des petites branches périssaient dans plusieurs plantes délicates, comme la vigne & le figuier; mais il m'a paru que c'étaient sur-tout celles qui n'avaient pas été aoutées, ou que c'étaient les dernières productions de la saison, qui n'avaient pas eu le tems de se mûrir; cependant, pour l'ordinaire, les boutons se conservent parfaitement.

Pour mieux juger les effets du froid sur les végétaux, il faut les distinguer en plantes ligneuses & herbacées; les jeunes pousses des plantes ligneuses, peuvent être mises au rang des herbes auxquelles elles ressemblent à beaucoup d'égards. On doit distinguer encore les gelées d'hiver de celles du printems: quoique la cause agissante soit rigoureusement la même dans les deux cas, les effets qu'elle produit ne sont pas tout à fait semblables.

En hiver, les plantes ont pour l'ordinaire toute la force qu'elles peuvent avoir, & comme

elles sont depuis quelque tems privées de leurs feuilles, elles contiennent alors la moindre quantité possible de séve ; tandis qu'au printems, les nouvelles pousses des plantes ligneuses, sont extrêmement tendres, humides, pleines de sucs aqueux : le gel les détruit alors avec les plantes herbacées, parce que l'eau qui se gêle occupe un espace plus grand que sous sa forme fluide : son expansion subite détruit l'organisation frêle des vaisseaux qui contenaient cette eau ; c'est aussi pour cela que les gelées sont nuisibles, en automne, aux plantes, lorsque les feuilles pendent aux arbres, parce que les plantes sont encore remplies par la séve que les feuilles y ont attirée, & que leurs vaisseaux sont brisés par l'expansion de l'eau gelée, qu'ils renferment dans les parties les moins robustes. De même quand les hivers sont très-rudes, très-brusques, ou quand la rigueur du froid est précédée par un dégel complet, les plantes souffrent davantage, que lorsque le froid arrive graduellement, sur-tout quand l'air est sec, quoique le froid soit plus vif ; mais les effets du froid ne sont jamais plus funestes que lorsque les gels & les dégels se succèdent

fréquemment, quoique le froid soit moins âpre, parce que les plantes pénétrées d'eau sont exposées plusieurs fois de suite à tous les inconvéniens de la gelée. La dilatation de l'eau qui se gêle dans la terre, soulève alors diversément les plantes, les arrache quand elles sont petites, brise le chevelu des grandes, les sépare du terrain & les expose davantage à la violence du froid, sans les envelopper aussi exactement avec la terre qui doit les recouvrir ; les vaisseaux des plantes qui auraient pu résister aux premiers effets de l'eau changée en glace, ne peuvent plus résister à d'autres, & les jeunes plantes, de même que les nouvelles pousses des vieilles, sont détruites par ces secousses répétées.

Le froid attaque les plantes ligneuses de deux manières, comme on le remarque, en débitant le bois des arbres qui ont éprouvé ses effets : on y remarque le *faux aubier*, les *gelivures*, & les *fentes*.

L'aubier est cette partie de l'écorce qui commence à se lignifier. Dans les bois où l'on trouve le *faux aubier*, on observe une couche d'aubier entre deux couches de bois; ce qui montre une cause particulière qui a

empêché cet aubier de se perfectionner, puisqu'elle n'a point été un obstacle à la formation d'une nouvelle couche d'aubier qui s'est changé en bois, en finissant son développement plus heureusement que la première : il paraît donc que cette partie de l'aubier est la seule qui ait souffert ; le bois qu'il recouvre, celui dont il est recouvert, sont parfaitement sains, l'écorce est vigoureuse ; de sorte que cet aubier emprisonné est le seul qui n'ait pas rempli sa destinée. Duhamel l'a trouvé plus léger, plus tendre, plus faible que celui qui est en pleine santé : il paraît donc qu'il a éprouvé quelque altération. Le nombre des couches recouvrant ce faux aubier, fit augurer à ce grand physicien qu'il s'était peut-être formé pendant l'hiver de 1709 ; & comme il n'était pas également mauvais ni d'une même épaisseur dans tous les arbres & dans toutes les parties de chacun, il jugea que l'action du froid n'avait pas été uniforme. Cependant, diverses considérations se réunissent pour attribuer cette désorganisation à la gelée : les racines qui avaient été recouvertes de terre, étaient en bon état ; les arbres isolés, qui sont moins garantis, étaient les plus affectés ;

& ceux qui étaient plantés dans des terres légères, avaient le plus souffert, parce que leurs racines avaient été plus exposées. Cependant les arbres n'avaient point péri ; l'écorce en contact avec l'air n'avait point été attaquée, puisque le bois s'est bien formé après le gel : comment donc l'aubier qu'elle recouvre a-t-il été gelé ? En y réfléchissant, on trouve bientôt dans l'aubier les sucs lymphatiques, susceptibles de congélation, qui ne sont pas dans l'écorce, & qui devaient briser tout le système vasculaire en se gelant ; mais alors pourquoi le bois, qui contient aussi les vaisseaux lymphatiques, n'a-t-il pas été désorganisé comme l'aubier ? Il me semble que cela devait arriver, parce que l'aubier n'a point encore acquis sa perfection, qu'il est moins résineux, moins compact, & que ses fibres, moins soudées entr'elles, sont moins propres à résister à l'expansion de l'eau changée en glace.

La *gélivure entrelardée*, est une portion plus ou moins grande d'aubier & d'écorce désorganisés, placée entre deux couches de bois vif; elle diffère du faux aubier, parce que celui-ci enveloppe tout le bois de l'arbre, tandis que

la gélivure n'en recouvre qu'une partie, où elle semble un corps étranger, recouvert par un aubier & une écorce, sans altération. Duhamel, dans les *Mémoires de l'académie des sciences de Paris*, *pour* 1737, pense que cet accident peut aussi être arrivé pendant l'hiver de 1709 : il remarque que ces gélivures se trouvent sur-tout dans les arbres placés entre l'est & le midi, sur les coteaux qui regardent ces expositions ; cependant, il observa des gélivures pareilles sur des arbres, dans toutes les expositions & dans tous les terrains, mais plus particulièrement à l'est & au nord : dans le premier cas, le gel & le dégel se succèdent souvent avec rapidité ; dans le second, l'action du froid est réellement plus vive.

Les grands froids occasionnent des *fentes* dans les arbres, suivant la direction de leurs fibres : on voit ordinairement sur ces arbres une arête, formée par une cicatrice, qui recouvre ces fentes & qui est produite par l'écorce ; mais quoique les fentes restent cachées dans l'intérieur des arbres, elles y subsistent toujours sans réunion, parce que les plaies du bois ne se cicatrisent jamais ; elles me paraissent avoir deux causes : l'inégalité

de la condensation des fibres ligneuses, par l'action thermomètrique du bois, & l'expansion des sucs lymphatiques dans leurs vaisseaux.

Les fortes gelées tuent pourtant quelquefois de grands arbres dans nos climats; quelquefois elles n'attaquent que leurs branches & rarement elles nuisent à leurs racines.

Toutes les plantes succulentes & celles qui sont annuelles, périssent par la gelée. Les plantes herbacées vivaces, perdent leurs tiges; mais leurs racines conservent leur vigueur. L'extrémité des tiges & des branches qui est tout-à-fait herbacée & pleine de sucs, souffre beaucoup plus par le gel que les autres parties dont le bois est parfait. Les plantes tendres sont altérées comme les tiges des plantes vivaces : l'expansion de l'eau, comme dans tous les autres cas, est la cause de leur désorganisation ; elle déchire quelquefois les jeunes feuilles.

Les pétales des fleurs se gèlent moins facilement que les feuilles dans leur jeunesse; quoiqu'ils soient assez succulens, leurs sucs ne se ressemblent pas. J'ai vu des fleurs de féve, résister à la fin de l'automne à un froid de — 4 ou — 5° ; mais elles prirent une cou-

leur pourprée, assez vive. J'ai observé, au printems, des fleurs du *tussilago farfara*, épanouies depuis quelques jours, qui supportèrent un froid de — 8°, & qui s'ouvrirent au soleil, dans le matin d'un jour où elles avaient éprouvé au lever de cet astre, un froid de — 2°. Lhéritier, dans un mémoire lu à l'Institut national, remarque que l'organe des fleurs le plus sensible à la gelée, est le pistil; que le gel attaque d'abord le stigmate, puis le style, & enfin le germe, quoique les étamines en aient été respectées. Le thermomètre étant à - 6°, les fleurs se sont épanouies, mais elles ont été stériles. Les fruits sont fort altérés par le gel, quand ils commencent à naître : ils résistent mieux quand ils sont plus avancés, mais ils en souffrent encore beaucoup.

La gelée, lorsqu'elle est forte, atteint les petites racines de deux manières; lorsqu'elles sont rampantes à fleur de terre, en les désorganisant comme les parties vertes des végétaux : ou bien en les arrachant par l'action de l'eau, changée en glace, qui les soulève; ce qui rompt leur contact avec la terre.

Les parties gelées des végétaux, noircissent

deviennent flasques & pendantes après le dégel : ces phénomènes ne sont jamais plus sensibles, que lorsque le soleil donne vivement sur les plantes gelées. Cet effet n'est pourtant pas général. J'ai vu souvent, au printems, les feuilles & les tiges des couronnes impériales & des hyacintes, durcies par le gel, fanées par le dégel, se relever ensuite & reparaître aussi saines que si elles n'avaient pas été gelées, avec la même fermeté & la même perpendicularité au terrain qu'elles avaient auparavant ; tandis que les narcisses périssant à côté d'elles, avaient leurs feuilles éclatées & humides, après un gel assez faible ; cependant les couronnes impériales & les hyacintes semblent aussi succulentes que les narcisses : il faut pourtant observer que lorsque les hyacintes ont été gelées à fond, elles ne se relèvent plus & offrent les mêmes phénomènes que les narcisses.

Si l'on considére l'action du froid sur les plantes, comme celle qu'il exerce sur les solides & les fluides, elle se bornerait à changer leurs dimensions ; mais, si l'on voit dans les végétaux des êtres organisés, composés de fluides & de solides, alors les flui-

des en se gelant occasionnent des altérations dans les solides qui les contiennent, & par-conséquent dans les organes qu'ils forment; mais ces altérations seront plus ou moins funestes, suivant la nature de ces organes & de leurs parties; ainsi, par exemple, si ces organes ou leurs fibres étaient susceptibles d'une grande expansibilité, s'ils étaient en même tems fort élastiques, & qu'ils pussent reprendre leur premier état aussi-tôt que l'eau se serait dégelée, alors la dilatation de l'eau changée en glace, dilaterait les organes des plantes sans les rompre, & ils reprendraient leur première forme sans avoir conservé aucune trace apparente d'altération; c'est de cette manière que Desaussure explique le phénomène des couronnes impériales & des hyacintes que j'ai décrits.

Le soleil noircit les jeunes pousses des plantes gelées, par l'action rapide du gaz oxygène sur leurs élémens réunis, mais il les réduit encore en poussière au bout de quelques heures, comme on le voit quelquefois dans les boutons de vigne qui commencent à s'épanouir. Ce phénomène n'a pas été expliqué. La désorganisation d'une plante gelée

peut être complète, ou bien la partie qui a souffert du gel, est seule privée de toute communication avec la partie saine qui ne saurait plus la nourrir; alors le soleil hâtant l'évaporation de cette partie mince, délicate, crevassée, la dessèche entièrement; parce qu'elle ne peut plus remplacer l'eau perdue par l'évaporation; aussi ce tendre bouton abandonné de sa nourrice, tombe en poussière, par le desséchement subit & complet qu'il éprouve. On l'a déjà vu, quand le gel ne tue pas la plante, ou quelqu'une de ses parties, le soleil ne lui fait aucun mal, il met seulement plus au large les fibres que la glace génait, & il permet aux parties de l'organe de reprendre leur premier état; mais il faut encore que les plantes puissent se contracter, pour redevenir comme elles étaient avant la dilatation qui les a si fort changées.

On peut croire qu'il y a un mécanisme semblable dans quelques plantes, ou que leurs sucs sont très-différents, de même que leurs enveloppes, quand on en voit plusieurs supporter des froids très-rigoureux sans inconvéniens, comme les sapins, les bouleaux & sur-tout les mousses & les ly-

chens de la Laponie ; peut-être faudrait-il imaginer une constitution organique, qui rendît ces plantes capables d'affronter ces froids rigoureux ; peut-être aussi avec de la patience & de l'adresse, on ferait voyager les plantes du nord au midi, & du midi au nord, en leur faisant faire des haltes fréquentes & nuancées, pour les mettre peu-à-peu en mesure avec les climats auxquels on veut les habituer.

Si l'on compare les plantes qui supportent le gel avec celles qu'il tue, on voit que le tissu des premières est plus serré, qu'elles contiennent moins de fluides. Les plantes méridionales se distinguent par un parenchyme épais & des sucs abondans. Ces sucs sont la cause de leur mort quand ils gèlent, parce qu'ils détruisent leur organisation. Ainsi la capucine qui est vivace au Pérou, est annuelle dans nos jardins. Ainsi les gelées d'hiver tuent les arbres & les arbustes des pays méridionaux, quand les étés ne sont ni assez longs, ni assez chauds pour aouter & murir les pousses. En Italie l'oranger qui n'est pas enté, résiste à un froid de 5 à 6° au-dessous de zéro ; mais le froid de nos climats le tue

quand il ne serait pas plus vif, parce que les branches ne sont pas assez endurcies pour supporter la dilatation produite par la gelée. Outre cela, chaque espèce de plantes exige un certain nombre de degrés de chaleur pour végéter, fleurir, donner des fruits, & lorsque cette somme de chaleur lui manque dans un tems donné, elle languit quand elle ne périt pas; mais on voit plusieurs plantes herbacées perdre leurs tiges sans périr, parce que le froid détruit l'organisation de la partie qui est hors de terre, sans détruire celle des racines qui y sont plus à l'abri.

Les plantes ligneuses résistent à des froids très-vifs, parce qu'elles sont moins succulentes, & que leur tissu est plus robuste & plus serré; leurs parties vertes périssent alors quelquefois, quoique leurs parties ligneuses ne souffrent en aucune manière; enfin, comme celles-ci contiennent plus de parties résineuses & charbonneuses que les plantes herbacées, comme leurs fibres sont plus fortes, leurs vaisseaux plus capillaires; leurs sucs, en les supposant de la même nature, sont moins susceptibles de se geler.

L'état des plantes gelées annonce leur

désorganisation ; on les trouve flasques, leurs feuilles sont pendantes après le dégel ; elles ressemblent aux plantes fanées, qui ont perdu leurs sucs ; elles les perdent véritablement, elles sont éclatées en mille endroits, couvertes d'humidité ; il paraît donc que la séve, en se gelant, a occupé un espace plus grand que celui qui lui était destiné, que les vaisseaux se sont brisés, & que leurs sucs se sont extravasés ; aussi, lorsqu'ils s'évaporent, les plantes se dessèchent, parce qu'elles ne peuvent plus les remplacer, & elles tombent en poussière.

L'expansion seule de l'eau changée en glace produira cet effet, puisque, suivant les expériences de Blagden rapportées dans les *Transactions philosophiques T. LXXVIII*, la glace occupe un espace plus grand d'un septième que l'eau. La force seule du tissu de toutes les plantes ne les mettrait pas en état de résister à l'expansion de l'eau changée en glace, comme il arrive aux couronnes impériales : il faut donc que la ductilité particulière de ce tissu contribue encore à sa conservation, en se prêtant aux efforts de la dilatation de l'eau glacée ; il faut encore une

élasticité suffisante dans les vaisseaux de cette plante, pour reprendre après le dégel leurs premières dimensions & leurs premières formes. Lorsqu'une couronne impériale se dégéle, ses feuilles sont flasques, parce que leurs vaisseaux sont devenus variqueux; mais bientôt après les feuilles se relèvent & reprennent de la force; les fibres distendues se contractent de nouveau, & la plante reparaît précisément comme elle était auparavant. C'est sans doute ainsi qu'on voit les mousses & les gramens supporter les froids les plus vifs. Le bled, quoique très-tendre, brave les hivers les plus rigoureux. Linné a vu des racines enveloppées de glace qui n'avaient point souffert. Les graines résistent de même à de grands froids, comme je l'ai observé; en général, elles sont mieux garanties, & l'extrême petitesse de la plantule, l'extrême finesse de ses vaisseaux la garantit de la désorganisation qui menace les plantes, d'autant plus que le calibre de ces vaisseaux diminue par le froid, tandis que la densité de l'eau augmente.

§. II.

§. II. *Les végétaux ont-ils une chaleur propre ?*

On ne voit pas sans étonnement un grand nombre de végétaux braver quelquefois dans nos climats des froids de 15 à 20° au-dessous de zéro, & affronter dans le nord, sans périr ceux qui font descendre le mercure du thermomètre à — 32°; cependant un froid qui fait descendre le mercure à quelques degrés au-dessous de zéro, & même un froid plus faible, détruit entièrement les jeunes pousses & leurs boutons. La séve aqueuse se gèle presqu'au même degré que l'eau; le lieu où les humeurs des plantes sont les plus abondantes est encore le plus exposé au froid; l'immobilité de ces sucs doit leur faire prendre d'abord la température de l'air, & la congélation de la partie aqueuse renfermée dans l'écorce devrait y causer mille désordres.

Ce phénomène a fixé les regards des physiciens; ils ont pensé que les plantes pourraient avoir, comme les animaux, pendant leur vie, une chaleur qui leur serait propre. Le célèbre Jean Hunter s'est occupé de cet objet curieux, & il a cru avoir montré que

les plantes avaient une chaleur indépendante des circonstances extérieures, comme on le voit dans les *Transactions philosophiques*, *Tomes LXV & LXVIII*; il y prouve d'abord que le jus des plantes herbacées se gèle quand le thermomètre de Farenheit indique 3 degrés au-dessous du point de la congelation. Il a observé ensuite qu'une plante de fève, un oignon de tulipe se gelaient plus tard que l'eau où ils étaient plongés; qu'un jeune pin sauvage, mis dans un vase d'eau refroidie jusqu'au 17° degré de ce thermomètre, ne gela point, & végéta fort bien après avoir été replanté; qu'une tige de fève étant placée dans un vase de métal plongé lui-même dans un mêlange de sel & de glace, de manière qu'une des feuilles touchait les parois du vase, tandis qu'une autre était dans l'air renfermé par ce vase, la première feuille gela beaucoup plus tôt que la seconde, quoique le thermomètre fût descendu à 15 ou 17°.

Ce physicien conclut de ses expériences, que les végétaux périssent avant de se geler; qu'ils produisent de la chaleur, tant que la rigueur du froid le leur permet, que cette chaleur est proportionnelle aux circonstances

où ils se trouvent, & que les racines résistent mieux au froid que leurs tiges. Enfin, que les feuilles gelées deviennent flasques, perdent leur ressort, & ne repoussent plus l'eau qui les touche.

Hunter répéta ces expériences sur des plantes végétantes; il choisit un noyer de 2,5 mètres de hauteur, ou 9 pieds, & de 2, 2 mètres de circonférence, ou 7 pieds; il y fit un trou oblique de 2, 9 décimètres de profondeur, ou 11 pouces, à 1,6 mètre d'élévation au-dessus du terrain, ou 5 pieds; il y logea un thermomètre, & il en ferma rigoureusement l'entrée à l'air extérieur. Au printems, les observations furent très-variables dans tous les sens: en automne, Hunter observa une chaleur de quelques degrés plus grande sur le thermomètre placé dans l'arbre qu'à l'air libre.

Ces observations qui semblent d'abord propres à résoudre la question, ne me paraissent point suffisantes pour remplir leur but. Le problême est bien plus compliqué qu'on ne l'imagine; & les résultats des observations de ce savant physicien le feront aisément sentir. Les différences entre la cha-

leur de l'arbre & celle de l'atmosphère sont trop variables pour avoir une cause constante ; elles sont même trop petites & trop inconstantes pour être attribuées uniquement à la chaleur de la plante : rarement elles ont été de 6° du thermomètre de Farenheit ; le plus souvent de 2°, & quelquefois la chaleur était la même dans l'air & dans l'arbre ; aussi ces différences pourraient être produites, ou par la clôture plus ou moins rigoureuse du thermomètre dans l'arbre, ou bien par une action particulière du soleil sur l'arbre & sur ses sucs, ou par l'influence de cet astre sur la boule du thermomètre dans l'air plus ou moins humide, &c. Enfin, ne faut-il pas remarquer que le thermomètre à l'air représente presque la chaleur actuelle de l'air, au lieu que celui de l'arbre ne fait connaître qu'une chaleur passée depuis long-tems, relativement au moment de l'observation, parce qu'il faut un tems assez long à la chaleur, pour pénétrer le tronc, qu'elle s'y accumule peu-à-peu, & s'y conserve, & que les modifications qu'elle y éprouve, sont toujours combinées avec la chaleur de l'arbre, dans un moment donné, & celle que l'air qui le touche peut avoir.

Voici les résultats des observations de Hunter. Pendant 14 observations de l'automne, le thermomètre de Farenheit à l'air fut le plus bas à 40° & le plus haut à 54°; il y en eut 2 où les thermomètres dans l'arbre & dans l'air furent d'accord à 43° & à 54°. Toutes les différences se réunirent à la vérité pour faire observer dans l'arbre une chaleur plus grande qu'à l'air libre; 4 fois elle fut de 6° plus grande, 2 fois la différence fut de 4° & 5 fois de 2°; mais le thermomètre placé dans l'arbre ne suivait point les variations du thermomètre placé à l'air; quand ce dernier s'élèva à 54°, celui qui était dans l'arbre, montra précisément le même degré; le premier est monté trois fois à 51°, & le second était alors à 55°, 57° & 53°. On remarque dans ces observations l'influence des causes dont j'ai parlé, & je crois que l'on en aurait eu la preuve, si l'on avait eu le journal météorologique de la journée.

Je n'examine point les observations faites sur des arbres d'un diamètre différent, parce qu'elles offrent de nouveaux élémens à combiner. J'observerai seulement que l'arbre doit souffrir par la plaie qu'on lui a faite pour

loger le thermomètre ; que, lorsqu'elle est fraîche, les sucs extravasés doivent fermenter & produire de la chaleur, & que lorsqu'elle est consolidée, elle n'offre plus que la chaleur des parties environnantes, revêtues d'un enduit qui peut changer la communication.

Hunter observa encore que l'atmosphère ayant 27° de chaleur, le terrain couvert de neige montrait à 9,7 décimètres, ou 3 pieds une chaleur de 34° ; il vit encore que l'air indiquant 24°, le centre de ces arbres était plus chaud que lui, à l'exception d'un seul où le thermomètre était à 22° ; dans un cèdre mort, il l'observa à 24° : mais Hunter ne dit point si le cèdre était coupé.

On lit dans le *Naturforscher*, *n.*° 23, des observations semblables, faites par Schopff, en 1783, à New Yorck ; il choisit un arbre où il fit un trou, qu'il ferma avec un bouchon de liége, portant un thermomètre ; il varia ses expériences sur plusieurs arbres de diamètres différens, & il observa que depuis le mois de brumaire en germinal, le thermomètre était plus haut dans l'arbre, quoiqu'il fût à l'ombre, que dehors ; & cette différence était d'autant plus grande que le froid était plus vif : on en trouve qui sont de 10°.

Le thermomètre fut toujours plus bas dans l'arbre, depuis le mois de prairial, & la fraîcheur intérieure de l'arbre croissait à mesure que la chaleur de l'air augmentait : il y a eu dans le mois de floréal, une différence de 16°. Bierkander a fait, en Suède, des observations semblables ; mais il a observé quelquefois l'intérieur de l'arbre plus chaud que l'air commun, comme on le voit dans la *Gazette de littérature de Jena*, 1790, *p.* 638.

Ces observations ne se rencontrent point avec celles de Hunter ; elles tendent même à montrer que la chaleur des plantes dépend des circonstances où elles se trouvent, & que si les plantes ont le pouvoir de résister au froid pendant l'hiver, elles ont pareillement celui de résister à la chaleur pendant l'été : de sorte que dans son opinion, elles produiraient de la chaleur dans le premier cas & du froid dans le second ; mais quoiqu'il en soit, les expériences de Schopff prouvent évidemment que la température des plantes n'est pas la même que celle de l'atmosphère, & qu'elle est, pendant l'été, toujours au-dessous de celle de l'air extérieur.

Les illustres auteurs de la *Bibliothèque Britanni-*

que, donnent aussi dans leur tableau météorologique de chaque mois, une suite d'observations faites avec le thermomètre, dans le tronc d'un arbre, qui s'accordent avec les précédentes, pour faire voir que la température de l'intérieur de la plante, n'est pas celle de l'air extérieur; qu'elle lui est inférieure dans les grandes chaleurs & supérieure dans les grands froids; qu'il y a cependant diverses anomalies dans cette conclusion; que la marche du thermomètre de l'arbre, semble plus conforme à celle d'un thermomètre qui est enfoncé de 4 pieds en terre, & que les variations sont plus nuancées dans la suite des observations faites avec ces deux derniers thermomètres, qu'avec celui qui est exposé nud à l'air libre: ce qui semble indiquer pourtant que les changemens de température de l'intérieur de l'arbre, sont dépendans de la température du sol.

Des expériences aussi délicates devraient être variées de mille manières & suivies avec le plus grand soin, pour offrir des conclusions tranchantes; il faudrait les faire parallellement sur un arbre mort, qui resterait debout sur ses racines; sur un tronc déraciné & scié

au collet de ses racines, puis enterré à une certaine profondeur; il faudrait établir quelle est la durée du tems nécessaire pour faire prendre à un tronc une chaleur donnée au soleil & à l'ombre; il faudrait encore trouver, par ces moyens & par d'autres, la quantité de chaleur que l'évaporation de l'eau par les feuilles & la formation du gaz oxygène doivent enlever. Je suis du moins persuadé que la fraîcheur des forêts est peut-être autant produite par l'évaporation que par l'absence du soleil; car dans les lieux qui ne sont pas éclairés par cet astre, il y a bien moins de gaz oxygène produit. Enfin, quelques soient les résultats de ces expériences, il est évident que la séve des plantes gèle à l'air, lorsque le thermomètre est à zéro; & qu'elle ne gèle point dans l'arbre, lorsqu'il est à une température beaucoup plus basse.

Cependant, si les plantes ne paraissent pas avoir communément une chaleur qui leur soit propre, il serait possible qu'il y eût des momens où il se développat une chaleur assez sensible. Lamarck fournit l'occasion de cette remarque dans sa *Flore française :* en parlant de l'*arum maculatum*, il dit que lorsque le

chaton fleuri est dans un certain état de perfection ou de développement, il est chaud au point de paraître brûlant; qu'il n'est point à la température des autres corps, & que cet état ne dure que quelques heures. J'ai suivi ce phénomène, dont Lamarck avait négligé de donner les détails.

Je pris quelques-unes de ces plantes prêtes à fleurir; je les mis dans l'eau, où elles s'épanouirent, & je remarquai que la chaleur commençait à se manifester quand l'enveloppe du chaton commençait à s'ouvrir, & quand le chaton était sur le point de paraître. J'ai toujours observé que cette chaleur se faisait sentir entre trois & quatre heures après midi, & que son maximum était entre six & huit heures. J'appliquai la petite boule d'un thermomètre sur ce chaton, & j'avais un autre thermomètre à l'air, à côté de cette plante. Voici une des observations que j'ai suivie & que j'ai répétée sur des *arum* plantés dans des vases mis à l'abri de toute influence du soleil.

Heures.	Thermomètre sur le chaton.	Thermomètre à l'air.
3	16°,1	15,6
5	17,9	14,7
5 ¾	19,8	15
6 ¼	21	15
6 ¾	21,8	14,9
7	21,2	14,3
9 ¼	18,5	15
10 ½	15,7	14
à 5 heures du matin du lendemain.	14,1	14,1

Ces expériences permettent de soupçonner que la combinaison rapide du gaz oxygène avec la matière charboneuse du chaton qui noircit pendant que cette chaleur se manifeste, est la cause de ce phénomène ; il faudrait faire fleurir un de ces *arum* sous un récipient, & l'on verrait si la quantité de gaz oxygène a été considérablement diminuée, ou bien faire fleurir cette plante sous un récipient plein de gaz oxygène, & l'on pourrait observer si la floraison serait plus prompte, la chaleur plus vive, & même si l'on n'appercevrait point de phosphorescence à l'obscurité. Ayant quitté la campagne, je

n'ai pas pu facilement me livrer dans le printems à ce genre d'expériences.

Il résulterait de tout ceci qu'il ne paraît pas démontré que les végétaux aient une chaleur propre; il semblerait même que les expériences décisives n'ont pas encore été faites; les doutes augmenteront peut-être, si l'on parvient à rendre raison de la chaleur qu'elles conservent par d'autres moyens.

§. III. *Comment les végétaux supportent-ils les froids de l'hiver?*

Si l'on peut expliquer les faits que je viens de rapporter, sans employer des ressources inconnues dans les végétaux; l'explication sera plus conforme aux principes d'une saine logique, pourvu qu'elle s'accorde avec l'observation. On est souvent démenti par la nature, quand on se fonde sur des faits qui ne sont pas évidens, ou seulement particuliers, ou même sans analogie avec l'histoire des êtres observés. On ne saurait ici se fonder sur l'analogie soupçonnée entre les végétaux & les animaux, puisque le gaz oxygène paraît la source de la chaleur animale par le calorique qu'il fournit, en se décomposant

pour former l'acide carbonique & l'eau que les animaux expirent ; tandis que le gaz oxygène rendu par les plantes leur emporte le calorique qu'elles reçoivent de la lumière, en passant de l'état d'oxygène, où il se trouve dans l'acide carbonique, à celui de gaz oxygène après sa décomposition : ce qui devient une conséquence nécessaire de ma théorie, & un moyen des végétaux, pour braver l'ardeur d'un soleil brûlant.

Desaussure a confirmé mes soupçons contre les observations de Hunter, par une observation remarquable sur ce sujet. Il a vu que la neige ne fond pas plus tôt aux pieds des arbres végétans que vers les pieux de bois mort placés de la même manière : cependant, si les arbres avaient une chaleur propre, la fonte de la neige devrait être plus prompte auprès d'eux, puisqu'ils devraient avoir une chaleur dont les pieux seraient privés. Enfin, quand les expériences de Hunter seraient sans replique, elles n'expliqueraient pas pourquoi la séve du noyer qui se gèle dans l'air, lorsque le thermomètre est à zéro, ne se gèle pas dans l'arbre, quand le thermomètre est à — 10 ou — 20°.

Les expériences même du physicien anglais ne sont pas concluantes, parce que, dans ce cas, elles n'ont rien de comparable. Un fluide exposé à nud à l'action de l'air froid, peut se geler à un degré du thermomètre, où il ne se gèlerait pas s'il était renfermé dans un étui qui serait un mauvais conducteur de chaleur, comme il arrive à la séve contenue dans le bois, dont le carbone empêche la chaleur de se dissiper. La congélation des plantes dans l'eau refroidie à 16 ou 17° du thermomètre de Farenheit, ne peut être comparée à l'impression d'un froid semblable sur les plantes, dans l'air qui est au moins 800 fois plus rare que l'eau, & qui est encore un mauvais conducteur de chaleur en comparaison d'elle; de sorte que, à ces deux égards, l'air doit enlever beaucoup moins de chaleur que l'eau, aux plantes. Enfin, comme les sucs végétaux avaient été mis dans des vases métalliques, refroidis à 28° du même thermomètre, ces sucs devaient encore y perdre plus tôt leur chaleur que dans l'eau & dans l'air: aussi la feuille de féve, qui touchait le métal, fut beaucoup plus vîte gelée que celle qui ne le touchait pas.

Ces considérations même ne fourniraient pas la solution du problême, si je n'avais pas encore à examiner les rapports de la terre, de l'eau, de l'air & de la lumière, avec les plantes. Tout se borne donc quant à présent, dans cette recherche, à savoir s'il peut y avoir de la chaleur communiquée aux plantes, pendant l'hiver, & s'il y a des moyens pour prévenir la dissipation de cette chaleur; de sorte que le problême se trouve pourtant réduit à des termes assez déterminés : c'est sous ce point de vue que je vais le considérer.

I. La TERRE peut-elle communiquer de la chaleur aux plantes qui la couvrent, ou bien a-t-elle un fond de chaleur qu'elle puisse répandre? ou bien encore la température du sol est-elle la même, à une certaine profondeur, que la température de l'atmosphère? Ce n'est pas gratuitement que je pose ainsi cette question. Je vois les racines se geler rarement, lors même que les tiges périssent par la gelée, ce qui me fait présumer que les racines n'éprouvent pas un froid aussi vif que les tiges.

En recherchant le fondement de ce soupçon, je trouve dans l'ouvrage philosophique de

Kirwan, *Estimation de la température des différens degrés de latitude*, que la chaleur du terrain, à une profondeur qui n'est pas grande, correspond assez à la chaleur moyenne de l'air, pendant une année, dans le voisinage de la terre; ainsi, par exemple, à Paris, où la chaleur moyenne de l'air est de 9 à 10° du thermomètre de Réaumur, la chaleur des caves de l'observatoire, à 80 ou 100 pieds, est toujours la même. Il y a donc dans la terre des magasins de chaleur prêts à se vider pendant l'hiver; & les plantes, qui sont de meilleurs conducteurs de chaleur que la terre, en profitent. En Laponie, où la chaleur moyenne de l'air est de 1 ou 2 degrés au-dessus de zéro, cette chaleur est aussi celle de la terre à sa surface, lorsqu'elle est couverte de neige; aussi le petit nombre des plantes qui y croissent, y subsiste pendant l'hiver. On pourrait presque déterminer de cette manière le climat des plantes, en suivant la table de la chaleur moyenne des différens lieux qu'on trouve dans l'ouvrage cité.

Mariotte a observé que la terre qui s'échauffe progressivement pendant l'été, se refroidit de même pendant l'hiver; que, à un mètre ou quelques

quelques pieds de profondeur, sa température est toujours plus haute que celle de l'atmosphère, & à 25 ou 30 mètres, elle varie peu; de même que la température des sources, qui est toujours dans les plaines assez près de la température moyenne, comme une foule de faits le démontrent.

Van Swinden a remarqué que le froid qui passe le zéro de Farenheit, ne pénètre pas dans la terre, au de-là de 5,3 décimètres, ou 20 pouces, lorsqu'il ne dure que quelques jours, & que la terre est sans neige; il assure même qu'il ne s'insinue pas à la moitié de cette profondeur, quand la neige la recouvre. Maurice nous apprend dans le *journal de Genève pour* 1790 N°. 9 que pendant le plus grand froid de 1789 qui régna deux mois, & où le thermomètre descendit à — 13° ½ lorsqu'il était élevé de 1,78 mètre au-dessus du sol ou 5 pieds & demi, il ne descendit qu'à — 6° à la surface, & seulement à — 2° quand il était enterré de 5,4 centimètres ou 2 pouces, tandis que les thermomètres enfoncés de 1,6 décimètres, comme à 3,2 étaient à zéro, & ceux qui étaient à 9,7 décimètres, ou 36 pouces de profondeur, se

tenaient à 2° au-dessus de zéro. En additionnant la somme des degrés de chaleur manifestés par le thermomètre pendant une année, on la trouve plus grande dans la terre que dans l'air ; ces calculs sont faits par Maurice sur ses observations durant trois ans : elles me paraissent établir avec solidité que la chaleur de l'été s'emmagasine dans la terre.

Années.	Degrés de chaleur dans l'air.	Sur la terre.	A 5,4 cent. en terre.	A 1,6 décimèt.	A 3,2 décimèt.	A 9,7 décimèt
1789	7622°, 2	10534°	9347,° 3	10229°, 9	9512°, 9	10185°, 7.
1790	8954 , 4	11176	11896 , 6	10582 ,	10336 ,	11034 , 9.
1791	9386 , 1	12610	11476 , 3	10932 ,	11325 ,	11784 , 5.

On voit par-là, pourquoi dans notre pays, comme par-tout ailleurs, la chaleur seule de la terre suffit pour fondre la neige & les glaces qui la couvrent; pourquoi leurs parties, en contact avec la terre, se fondent les premières; pourquoi les glaciers de nos Alpes, alimentent toujours de cette manière, pendant l'hiver, les rivières qui en sortent; pourquoi les eaux profondes des mers & des lacs, conservent pendant les froids les plus rigoureux une chaleur supérieure à celle de l'air; pourquoi notre lac ne gèle point à---15 ou---17° du thermomètre, ou seulement près de Genève, lorsque le vent d'est pousse les glaçons du bord vers des digues, où ils se soudent; enfin, pourquoi dans ces grands froids on voit des vapeurs considérables s'élever de son sein. On sait encore qu'en Sibérie, la terre est dégelée après la fonte de la neige.

Mairan a bien prouvé que le froid de l'hiver était tempéré par la chaleur que l'atmosphère communique à la terre, & que cette chaleur emmagasinée pendant l'été dans la terre, était le dépôt de celle que le soleil lui fournit.

Les racines résistent donc au froid, parce

qu'elles ont toujours la température de la terre, qui est plus haute en hiver que celle de l'air; & elles y doivent prendre la chaleur nécessaire pour résister au gel, parce qu'elles sont de meilleurs conducteurs de chaleur que les corps qui les environnent, & que la terre conserve toujours une chaleur supérieure à celle de l'air, comme les sources qui y coulent à une certaine profondeur l'apprennent: il paraît probable, que la terre doit avoir toujours de la chaleur à communiquer aux plantes. J'ai observé des racines parfaitement souples, dans le moment où le thermomètre était à — 11°. Villars m'a écrit, qu'étant en 1779 dans les montagnes, à 600 toises d'élévation au-dessus du niveau de la mer, le thermomètre marquant — 15°, la terre se trouvant gelée à 3 décimètres ou environ un pied, & recouverte par 2,2 centimètres de neige ou 10 lignes, il voulut avoir des racines du *triticum repens*: qu'il brisa le gazon à coups de marteau; coupa des glaçons où ces racines étaient renfermées, & les trouva souples & pliantes, sans être gelées. Enfin je dois rappeller ici, que la correspondance observée entre la chaleur de la terre, à 1 décimètre de profondeur ou

4 pouces, indique l'influence des racines pour produire la chaleur des arbres; & je crois fort, que si l'on observait la chaleur de la terre à la profondeur de leurs racines, on trouverait une correspondance plus parfaite pour le tems de sa communication, sa quantité & ses nuances.

La chaleur de la terre qui fond la neige dont elle est couverte & qui empêche les racines de geler, fournit par leur moyen aux plantes une chaleur suffisante pour résister aux froids de l'hiver, lorsqu'elles ne sont pas remplies de sucs aqueux, ou lorsqu'elles n'en sont pas naturellement pénétrées comme celles qui sont succulentes; d'autant plus que les plantes perdent alors une très-petite partie de leur chaleur par l'évaporation qui est fort diminuée. Mais si les racines des plantes vivaces se conservent, pourquoi voyons-nous périr leurs tiges? j'en ai déjà dit la raison, lorsque j'ai expliqué pourquoi les parties tendres des plantes ligneuses, & les plantes chargées de sucs aqueux périssaient par le gel.

Les racines étant les conductrices de la chaleur dans les plantes, on peut aisément concevoir l'importance de conserver les racines pivotantes qui s'enfoncent davantage,

& qui sont par conséquent placées dans un lieu plus chaud : aussi tandis que les racines rampantes périssent quelquefois par la gelée, les racines pivotantes la bravent impunément. Medicus ne veut pas qu'on ôte les plantes étrangères qui ont poussé beaucoup de chevelu hors de leurs vases pour les mettre en pleine terre, où elles souffriraient plus du froid par cette raison.

Si la terre est une source de chaleur pour les racines, elle est encore pour elles un habit qui leur empêche de perdre celle qu'elles ont reçue ; on ne se fait pas une idée de la lenteur du refroidissement des corps enveloppés d'une petite couche de terre ; je n'entre pas dans ce détail qui menerait fort loin, à cause des différences produites dans ces expériences par la nature des terres, la quantité de leur humectation, le degré de leur condensation & de leur adhésion sur les racines qu'elles recouvrent; mais en général il paraît qu'il y a sur cet objet un maximum à trouver, pour le mélange des terres entr'elles & avec l'eau; que l'abondance de celle-ci augmente la perte de la chaleur; que l'argille favorise sa conservation, de même que la condensation &

l'adhésion forte des terres appliquées aux racines ; au reste ces conclusions sont peu utiles pour la pratique, parce que ces terres qui favoriseraient le mieux la conservation de la chaleur dans de certaines circonstances, nuiraient dans d'autres à la végétation ; mais il résulte toujours de ces expériences, que l'application de la terre sur les racines, serait un moyen de les garantir du froid.

S'il paraît par ces expériences que la terre est un mauvais conducteur de chaleur, il paraît de même que les terres chargées d'engrais, perdent encore cette *conducibilité* par la quantité du charbon qu'ils y introduisent, quoiqu'elle s'augmente aussi, parce que la terre est plus divisée ; mais ces engrais deviennent une source de chaleur par la fermentation qu'ils éprouvent, & la quantité d'acide carbonique qui se forme à la surface jusqu'au gel, comme je l'ai observé ; le gaz oxygène de l'air en s'unissant alors avec le carbone des engrais de la terre, y dépose son calorique que la terre doit s'approprier.

II. Il est important de remarquer que l'*eau* ne gèle pas avec la même facilité dans toutes

les circonstances ; elle supporte un froid qui fait descendre le thermomètre jusqu'à 9° ½ au-dessous de zéro sans geler, quand elle est dans un parfait repos. Je n'ai pu voir se changer en glace l'eau renfermée dans des tubes capillaires, fermés par les deux bouts, quoique le thermomètre fut descendu à — 7, & quoique je leur imprimasse un mouvement assez fort : on peut donc croire aisément que la séve des plantes renfermées dans des vaisseaux encore plus capillaires que ceux de l'expérience, & recevant continuellement quelques atomes de chaleur, ou quelques bulles de séve moins froide par les racines, suivant l'opinion du Comte de Rumford, peut résister à des froids rigoureux pendant l'hiver, en conservant sa fluidité ; il n'en sera pas de même au printems pour les jeunes pousses, à cause de l'agitation de la séve, de son abondance, de son délayement & du froid qui est encore augmenté par l'évaporation.

On sait encore mieux, comment l'influence du froid pour geler les plantes, au moins les ligneuses, est diminuée, par les expériences de Blagden sur la congélation rapportées dans le volume LXXVIII des *transactions philo-*

sophiques. Ce Physicien ingénieux a fait voir que tout ce qui altére la transparence de l'eau retarde son changement en glace, que l'eau bourbeuse d'une rivière gèle plus tard, que l'eau pure; que l'eau pure gèle plus difficilement quand le froid augmente graduellement; mais comme il paraît par l'analyse que j'ai faite de la lymphe, que cette liqueur contient un mucilage & une partie terreuse, comme on sait que les froids de l'hiver s'accroissent d'une manière assez nuancée; enfin comme il est certain que les sucs des plantes, ne sont exposés ni au contact des glaçons, ni au mouvement trémuleux qui accélèrent la congélation de l'eau, celle des sucs des plantes dans leurs vaisseaux est toujours très-difficile. J'avais exposé tout cela, & quelques-unes des idées de ce chapitre dans un mémoire du *journal de physique*, de l'an I. de la République; mais encore il résulte de ces expériences que l'eau qui résiste à se geler dans les tubes capillaires devient d'autant plus difficile à se changer en glace qu'elle se condense davantage; les molécules de la chaleur ou les petites bulles du fluide qui sont plus chaudes, ont moins d'aisance pour s'échapper, de sorte que toutes

ces circonstances concourent dans les végétaux pour arrêter les effets de la gelée.

Le Comte de Rumford a prouvé par des expériences très-bien faites, que l'eau mêlée avec du jus de pommes sans parties fibreuses se refroidit beaucoup plus lentement, que l'eau pure. On sait que les arbres qui croissent dans les pays septentrionaux, contiennent peu de sucs aqueux, que leur sève est épaisse & visqueuse, qu'elle s'épaissit même à l'approche de l'hiver, & que les racines des plantes vivaces qui supportent les froids de l'hiver sans périr, sont moins pleines de sucs aqueux, que leurs tiges qui périssent à la fin de l'année.

Les plantes étant privées de poumons, n'ont pas à la vérité comme les animaux, la ressource de trouver dans le calorique du gaz oxygène, un moyen de renouveller la chaleur qui leur est nécessaire; aussi elles ont besoin de cette chaleur qui leur est communiquée par des moyens extérieurs: un grand nombre d'entr'elles périssent, quand la chaleur du soleil & de la terre leur manque, & les autres se soutiennent, comme nous l'avons vu en tirant d'ailleurs la chaleur

dont elles seraient privées sans cela, telles sont les ressources que leur fournissent en particulier la chaleur du sol & le mouvement de fermentation excité dans leurs fluides ; on peut ajouter à tous les moyens efficaces que j'ai indiqué, pour arrêter la perte de la chaleur dans les plantes, ceux que le Comte de Rumford a fait soupçonner dans ses étonnans essais ; il a montré qu'une simple obstruction du mouvement intérieur des molécules, tendait à retarder la propagation de la chaleur dans les liquides, & conséquemment à l'empêcher d'en sortir, l'extrême petitesse des vaisseaux dans lesquels la séve circule, annonce l'obstruction dont je parle, qui est encore augmentée par le grand épaississement de la séve dans l'hiver. C'est ainsi que les fruits résistent à un froid qui gele l'eau. Je n'ajouterai qu'une idée que la méditation des expériences originales de ce Physicien vraiment philosophe m'a fournie ; c'est que l'air contenu dans les plantes & qui leur adhére très-fortement, joue au dedans d'elles, comme à leur extérieur, le même rôle qu'il lui fait jouer sur les poils des animaux, & comme il a montré que cet air qu'on sait un non conducteur

efficace de chaleur, était la cause de la conservation de la chaleur dans les animaux couverts de fourures ou de plumes ; il paraît de même que cet air fort adhérent aux parties des végétaux, renfermé dans des vases très-petits, & dont il est très difficile de les priver, est encore un moyen de la nature pour garantir les plantes perennes, de la rigueur du froid dans tous les climats ; il semblerait même que les arbres qui croissent dans les lieux les plus froids, comme les sapins & les bouleaux, sont ceux qui, sous tous les rapports précedens, mais sur-tout sous celui-ci, sont les plus propres à résister aux froids les plus rigoureux : c'est de même à l'air renfermé entre les écailles des boutons, que ces parties délicates des plantes, doivent sans doute l'avantage de braver la gelée dans tous les climats ; l'expérience nous apprend au moins que cet air y est contenu, comme on le voit en les plaçant sous l'eau ou dans le vide.

III. L'AIR, malgré le froid qu'il peut contracter, enlève peu de chaleur aux plantes qu'il enveloppe, à cause de sa grande rareté qui est au moins huit cent fois plus grande que celle de l'eau, & de sa mauvaise

conducibilité de la chaleur; les vapeurs aqueuses y conservent souvent leur calorique pendant les froids les plus rigoureux ; il peut même communiquer aux végétaux le calorique des vapeurs qu'il dépose sur eux, & qui ne tardent pas en le quittant à reprendre leur première forme ; on voit au moins les vapeurs se résoudre en eau sur les feuilles & les branches des plantes, quoique nous ne les appercevions pas de cette manière sur les vitres de nos appartemens ; l'air leur fournit encore le calorique du gaz oxygène, lorsqu'il se combine avec leur carbone.

IV. La LUMIÈRE ou le soleil est en hiver une source de chaleur pour les végétaux, qui s'ajoute à toutes les autres; la couleur brune des tiges & des branches leur en fait absorber la plus grande partie, & colore encore vraisemblablement leur parenchyme ; elle doit même agir avec d'autant plus d'efficace comme calorique, qu'il y a peu de parties aqueuses évaporées pour s'en emparer, & peu de gaz oxygène produit pour le leur enlever; aussi, comme je l'ai remarqué d'après l'observation de Schöpff & celles faites à Genève, la chaleur de

l'intérieur des arbres est communément plus grande en hiver que celle de l'air extérieur, & plus faible en été; car, si l'oxygène de l'acide carbonique décomposé dans les feuilles se change en air pur, c'est parce que la lumière lui fournit le calorique. Si l'évaporation des plantes est si grande en été quand leurs feuilles sont éclairées, c'est parce que la lumière ou le calorique s'unit à l'eau pour la vaporiser, on la voit au moins arriver à la surface des feuilles sous la forme de petites gouttes que la lumière fait disparaître; si la terre s'échauffe pendant l'été, c'est parce que la terre emmagasine le calorique de la lumière : aussi pendant l'été, toutes les opérations de la végétation semblent se réunir pour ôter aux plantes la surabondance de calorique qui pourrait leur nuire; mais tout concourt pendant l'hiver pour leur conserver cette chaleur ; il n'y a au moins presqu'aucun événement particulier, qui transporte d'une manière remarquable le calorique qui peut arriver aux végétaux, & ils tournent entièrement à leur profit tout celui qu'ils peuvent recevoir.

V. La considération des *plantes* elles-mêmes

fournit encore des élemens pour la solution de ce problême.

Les racines des plantes occupent un grand espace dans la terre, elles communiquent ainsi pendant l'hiver avec une grande surface plus chaude que l'atmosphère des plantes qu'elles nourrissent, & elles y recueillent les molécules de chaleur qui passent dans leurs tiges et leurs branches.

Les végétaux ne se trouvent pas en hiver dans les mêmes circonstances qu'en été. En hiver ils ont perdu leurs feuilles, & avec elles les moyens d'aspirer de nouveaux sucs, leurs vaisseaux graduellement resserrés par le froid, repoussent vers les racines la plus grande partie des sucs qu'ils contenaient, et il ne leur reste que peu de sucs à geler, ces sucs sont alors dans un repos presque complet ; aussi les froids violens ne nuisent point aux arbres de nos climats, quand ils ont été dépouillés de leurs feuilles ; mais quand la contraction des vaisseaux n'a pu évacuer les sucs qui les remplissaient, ou quand ces sucs ne peuvent ni s'évaporer, ni se combiner, comme on le voit dans les figuiers, alors les arbres périssent, lorsqu'ils n'ont

n'ont pas été garantis des impressions immédiates du froid. C'est ainsi que les rameaux faibles gélent, quoique les branches plus fortes ne souffrent pas de cette congélation, parce que les premiers ont une organisation très-tendre & sont remplis de sucs plus aqueux. J'ai coupé des branches & des rameaux, pendant que le thermomètre était à — 7°, la branche était molle, flexible, & son intérieur parfaitement sec. Les Suédois effeuillent de bonne heure les arbres étrangers qu'ils veulent conserver, afin que leurs vaisseaux soient vidés, lorsque les froids se feront sentir. Je mis tremper dans l'eau des branches de maronnier au milieu de pluviose, il survint des froids assez vifs. Je gardai quelques-unes de ces branches dans mon cabinet, j'en plaçai d'autres sur la fenêtre, le thermomètre descendit à — 4° ; le lendemain je coupai aux premières des boutons qui commençaient à se développer, la lymphe qui nourrissait le bouton y parut avec assez d'abondance : je coupai des boutons semblables aux branches qui étaient sur ma fenêtre, le thermomètre était encore à — 2°, la section fut sèche, quoiqu'on eut eu auparavant des jours

assez chauds pour favoriser le développement des boutons, mais la séve avait été repoussée vers l'extrêmité de la branche. Ce qui me ferait croire que les plantes ne périssent par le froid, que lorsque leurs vaisseaux n'ont pas eu le tems de se vider, ou lorsque leur grandeur ne leur permet pas de se vider suffisamment, comme dans les plantes méridionales. Les arbres des forêts, qui contiennent le plus de lymphe, sont les premiers qui périssent par les grands froids.

Il faut observer encore que la séve qui est la plus susceptible de congélation, est la moins exposée à l'action du froid; elle est défendue par l'écorce & le bois qui lui servent d'étui, & l'on sait que le carbone est un très-mauvais conducteur de chaleur: les autres fluides qui sont dans l'écorce, sont résineux, plus épais & peu propres à geler; mais ils sont encore renfermés dans le parenchyme, qui contient plus de carbone que les autres parties végétales; aussi le froid agit d'une manière plus sevère sur les arbres d'un petit diamètre, & on les voit périr par un froid qui ne cause aucune altération à ceux d'un diamètre plus grand, quoiqu'ils soient

de la même espèce. Il est vrai que les racines plus étendues de ceux-ci, ouvrent un plus grand nombre de portes à la chaleur que la terre peut leur fournir ; mais le diamètre seul de l'arbre, paraît avoir une influence marquée dans ce cas, puisqu'on voit souvent sur le même arbre, les petites branches périr, tandis que les grosses se conservent.

On observe généralement que les arbres des pays froids tirent moins d'eau que ceux des climats brulans, qu'ils ont des sucs plus résineux, & que leur écorce est plus épaisse.

Il serait possible que toutes les plantes ne fussent pas également conductrices de la chaleur; soit par la quantité de carbone qu'elles contiennent, soit par d'autres causes que nous ignorons encore. Il y a des feuilles, des fleurs, des plantes tuées par des gelées qui ne font aucun mal à d'autres feuilles, à d'autres fleurs, & à d'autres plantes.

§. 4. *Conséquence pratique.*

Toutes les expositions & les circonstances naturelles sont elles indifférentes aux plantes rélativement au froid ? Quoique les opinions

paraissent partagées, elles me semblent se réunir par les principes que j'ai posé. Les expositions ou les circonstances qui favorisent l'évaporation des sucs susceptibles de congélation dans les plantes, diminueront ou suspendront les effets de la gelée. Les végétaux placés au nord, éprouvent le froid le plus vif, parce qu'ils y sont privés de l'action immédiate du soleil, & qu'ils y sentent l'âpreté des vents septentrionaux. La neige couvre ces lieux plus long-tems que les autres; aussi les arbres qui y sont plantés, sont plus généralement attaqués par la gelivure. Les vignes gelent sur-tout dans les lieux bas moins aërés & plus humides que les autres. Si l'on ne fossoye pas de bonne heure les vignes exposées à la gelée, c'est parce qu'on augmenterait l'évaporation de la terre en la retournant. Enfin la gelée est plus nuisible, quand l'air est calme, parce que le vent desséche les plantes. On observe dans les bois que les plantes les plus voisines du terrain, souffrent plus du gel, que celles qui sont plus hautes, parce que celles-ci sont plutôt desséchées dans un air plus sec & plus aisément renouvellé.

Les expositions au midi sont peut-être plus dangereuses dans nos climats, que celles du nord, parce qu'en favorisant la végétation, elles livrent les premières pousses qui sont plus tendres aux intempéries de l'air du printems.

Les arbres nouvellement plantés gèlent plutôt que ceux qui sont bien enracinés, parce que ceux-ci ont plus de moyens pour recevoir la chaleur de la terre.

Bierkander dans les mémoires de l'Académie de Stockholm, pour l'année 1778, détermine les degrés de froid qui ont fait périr diverses plantes en Suède. Les plantes suivantes ont péri à 1 ou 2°. au-dessus de zéro: *cucumis sativa*, *impatiens balsamina solanum tuberosum*, *mirabilis longiflora*, *portulaca oleracea*, *cucurbita pepo*, *cucumis melo*, *ocymum basilicum*, à 5° au-dessous du zéro : *tagætes patula*, *tropæolum majus*, *nicotiana tabacum*, *tagætes erecta*, *phaseolus vulgaris*, *phaseolus coccineus*, *asclepias syriaca*, *nigella damascena*, *rudbeckia laciniata*, *lavatera trimestris*, *lathyrus odoratus*, *scabiosa atropurpurea:* à 26, 30, 31° au-dessous de zéro; la plupart des arbustes, leurs tiges & leurs branches sont au moins dé-

sorganisées : *juglans regia*, *prunus virginiana*, *salix viminalis*, *hypocastanum*, *fraxinus excelsior*, *acer platanoides*, *prunus cerasus*. Les observations ont été faites avec le thermomètre de Celsius qui divise en 100 parties l'espace parcouru par le mercure, depuis le 0 de la glace, jusques au terme de l'eau bouillante.

On trouve dans l'*essai sur les thermomètres*, par Martine, deux thermomètres botaniques, celui de Fowler & de Hales, où l'on donne les degrés de chaleur les plus propres à la végétation de quelques plantes exotiques ; mais je me contente de les indiquer, parce que la culture de ces plantes s'est bien perfectionnée ; d'ailleurs les observations de ce genre sont peu concluantes, quand elles sont locales, parce que la nature du sol influe beaucoup sur leurs résultats ; ainsi par exemple, les plantes végètent plutôt avec la même température dans une bonne terre, que dans une mauvaise. Ces observations seraient plus exactes sur les plantes aquatiques, parce que le milieu où elles vivent, est généralement plus uniforme.

§. V. *Influence de la chaleur sur les végétaux.*

J'ai fait voir l'influence générale de la chaleur sur la végétation, j'ai voulu montrer encore ici les effets immédiats qu'elle doit produire ; on ignore encore comment elle favorise le développement des plantes ; mais on sait sûrement qu'elle dilate leurs vaisseaux, que la séve doit traverser ; on a même remarqué que les plantes printannières ont leurs vaisseaux plus larges & plus dilatables que les autres.

La chaleur raréfie les fluides des végétaux & facilite leur circulation dans leurs vaisseaux ; elle augmente leur transpiration, & contribue ainsi à leur développement, en perfectionnant leurs parties solides & en élaborant mieux leur fluides.

Elle favorise la suction des plantes, qui se fait sans aucune comparaison avec plus d'énergie, au soleil qu'à l'ombre.

On ne peut douter que l'action de la chaleur n'entretienne cette fermentation qui paraît constante dans la plupart des plantes.

C'est sans doute l'action de la chaleur qui

donne aux graines muries dans les climats méridionaux, la propriété d'être plus hatives, que les graines des plantes semblables, développées dans les climats du nord; elle paraît aussi influer particulièrement sur les odeurs, les couleurs, & les saveurs des plantes.

On ne connait d'autre produit immédiat du calorique dans la végétation, que le changement de l'eau en vapeurs, lorsqu'elle sort des feuilles, & celui du gaz oxygène, formé par l'union de l'oxygène séparé du carbone avec le calorique.

CHAPITRE IX.

De l'électricité.

Les expériences de Maimbray, Nollet, Bose, Menou, Jalabert persuadèrent que l'électricité accélérait la végétation des plantes, soit dans leur germination, soit dans leurs développemens subséquens. Nuneberg, plusieurs années après, répéta les mêmes expériences avec les mêmes résultats. Linné & Kôstling observèrent les mêmes effets. Achard confirma ces expériences par les siennes. Bertholon, dans un ouvrage sur *l'électricité des végétaux*, a réuni tout ce qu'on a dit sur ce sujet, en y joignant ce qu'il a fait lui-même. Gardini, dans une dissertation couronnée à Lyon, affirme l'influence de l'électricité sur la végétation. Carmoy, d'Ornoy & Rosières ont défendu cette opinion dans le *Journal de physique*. Ces physiciens appuient leurs conclusions sur l'identité de l'électricité naturelle & artificielle, sur l'état continuellement électrique de l'atmos-

phère, & sur les phénomènes météorologiques, qui indiquent d'une manière plus ou moins sensible la présence de l'électricité; d'ailleurs les diverses parties des végétaux qui sont par elles-mêmes d'excellens conducteurs de l'électricité, offrent dans leurs feuilles, comme Desaussure l'a observé, des pointes propres à soutirer le fluide électrique: on observe aussi que les arbres sont souvent frappés de la foudre, & qu'ils attirent sans doute quelquefois plus d'électricité qu'ils ne peuvent en voiturer par leurs fibres.

Toutes ces expériences & ces observations entrainaient l'opinion, lorsqu'Ingenhous publia des expériences qui prouvaient que l'électricité ne produisait pas sur les plantes les effets qu'on lui attribuait; que les graines électrisées ne germaient pas plus vîte que celles qui ne l'avaient pas été. Ces expériences racontées d'abord dans le *Journal de physique du mois de Décembre* 1785, sont confirmées par lui dans le même journal du mois de Décembre 1786, il leur donne une nouvelle force dans le mois de Mai 1788; enfin il a réuni tout ce qu'il avait fait sur ce sujet dans ses *Expériences sur les végétaux*. Sylvestre

appuie cette découverte par plusieurs expériences curieuses dans les *Mémoires de la Société d'agriculture de Paris pour* 1791 *trimestre d'automne.* Paets Van Troostwyck & Krayenhoff dans leur *application de l'électricité à l'agriculture & à la médécine*, ont examiné avec le coup-d'œil de l'observateur les deux opinions, & ils n'ont pu remarquer si les plantes isolées relativement au fluide électrique & en plein air, germent & végètent plus tôt que des plantes en pleine terre, tant les résultats de ces expériences varièrent des deux côtés. Ils eurent recours à l'électricité artificielle; ils employèrent alors des fèves de Turquie, placées dans des circonstances semblables à tous égards; mais les unes furent électrisées pendant que les autres ne le furent pas. Cette disposition fut faite le 3 Août 1786; le 13, à huit heures, les deux fèves électrisées avaient la même hauteur, & les fèves non électrisées fendirent à peine la terre d'où elles sortirent le 19. Une des fèves électrisées avait, le 26 Août, 4,3 décimètres ou 16 pouces; l'autre 5,6 décimètres, ou 21 pouces, au bout de 455 heures d'électrisation. Une des plantes non

électrisées avait alors 2 , 1 décimètres de hauteur, ou 8 pouces, & l'autre 2,7 décimètres ou 10 pouces ; elles n'étaient d'ailleurs ni plus avancées, ni plus fortes ; elles poussèrent toutes dans le même tems leur seconde & leur troisième tige : mais en répétant ces expériences, il y eut des résultats opposés pour l'accélération & la vigueur du végétal; les plantes non électrisées montrèrent souvent le luxe de végétation observé dans les plantes électrisées de l'expérience précédente.

Ces expériences confirment donc encore celles d'Ingenhous, Sylvestre & Rouland. Peut-être les premiers physiciens qui ont fait ces expériences, n'ont pas été assez attentifs à l'action de la lumière qui arrête la germination, comme Ingenhous l'a remarqué, de même qu'à l'allongement des végétaux produit par l'absence d'une lumière vive, comme les expériences sur l'étiolement le démontrent; mais ces physiciens illustres dans ces nouvelles expériences, ne négligèrent pas cette circonstance. Il paraîtrait même encore que les premières expériences n'ont été faites qu'un petit nombre de fois, ce qui aurait trompé Paets Van Troostwyck & Krayenhoff, s'ils

s'étaient contentés des premiers résultats qui furent tout-à-fait conformes à la première opinion ; mais leur amour pour le vrai leur fit répéter & varier leurs expériences, ils se convainquirent alors que la première opinion n'était pas au moins sans exception.

Vassalli, célèbre professeur de Turin, publia en 1788 une dissertation, où il croit avoir prouvé qu'il en est des végétaux électrisés dans des vases profonds, comme de l'eau qu'on y place, qui ne s'évapore plus, lorsqu'on l'électrise, parce que la vapeur y est retenue par une atmosphère électrique du même genre, & il conclut qu'il doit y arriver aux graines électrisées la même chose, en sorte qu'elles germent & poussent plus vigoureusement, quand elles ne sont plus dans ce cas. Vassalli fit ces expériences à la lumière & à l'obscurité, & il trouva que l'électricité favorisait la végétation ; mais il faut observer pourtant qu'il eut des résultats contraires à ses conclusions, & que les expériences de Paets Van Troostwyck & Krayenhoff n'étaient pas dans le cas du puit électrique, puisque leurs vases étaient pleins.

Volta remarque dans ses *lettres sur l'électricité atmosphérique*, que les pluies ne portent point aux plantes ce fluide qui doit les animer, puisqu'elles ne donnent communément aucun signe de l'électricité. Il est vrai que lorsque le ciel est serein à l'heure de la rosée, & lorsqu'il y a des nuages orageux, l'électricité pourrait pénétrer les plantes par les pointes de leurs feuilles ou de leurs épis, &c. mais pendant les pluies ordinaires, le fluide électrique se meut en sens contraire, & il devrait entrer dans les végétaux par leurs racines; au lieu que pendant les orages, ce fluide monte & descend suivant les mouvemens arrivés aux couches d'air électrisées positivement ou négativement : ce serait sous ce point de vue qu'il faudrait considérer l'électricité atmosphérique relativement à la végétation, & non d'après les théories imaginées pour appliquer l'électricité aux végétaux.

Je joindrai ici quelques expériences de Van Marum bien connu par ceux qui recherchent les expériences pensées avec génie & exécutées avec précision. Il a eu la bonté de me les envoyer avant la publication de

l'ouvrage, où il a renfermé une foule d'expériences importantes sur l'électricité qu'il a faites avec la fameuse machine de Teyler.

Ce physicien entreprit quelques expériences sur la *mimosa pudica* ; il l'exposa au soleil pour développer ses feuilles, il la plaça à 5,4 décimètres, ou 2 pieds du conducteur, électrisé positivement; les feuilles tombèrent un peu, & leurs folioles ne se rapprochèrent pas ; il observa la même chose en électrisant cette plante négativement ; les folioles se rapprochèrent seulement, quand les rayons électriques tombèrent sur eux ; mais l'effet était purement mécanique, & la plante ne souffrit point de ces expériences.

Van Marum soumit à ces expériences l'*hedysarum gyrans* dans la serre même pour lui conserver sa vigueur ; mais les mouvemens de la plante ne furent point altérés, quand elle fut électrisée positivement & négativement.

Ce bon observateur pensa que l'électricité favoriserait l'évaporation des sucs végétaux; il trouva bien que les plantes électrisées pendant un quart d'heure perdaient un tiers ou un quart plus que les mêmes plantes avant

d'éprouver l'électrisation; mais il ne tire point la conclusion que ce fait semble présenter: il croit que le courant d'air formé par le fluide électrique à l'extrêmité du conducteur doit favoriser l'évaporation remarquée : de sorte qu'il met en doute l'influence de l'électricité pour produire l'évaporation des plantes qui la souffrent.

Enfin il voulut voir l'effet de la déchargé d'une forte batterie sur des arbres; il choisit le saule commun, qui est très-vivace quand il commence à pousser; ses branches avaient 2, 6 mètres ou 8 pieds; il dirigea la décharge dans un espace de 4 décimètres, ou 15 pouces; il l'appliqua dans d'autres branches à leurs extrêmités supérieures : ces branches replantées après l'expérience ne poussèrent point dans les places qui avaient supporté la décharge électrique; mais leurs parties non électrisées donnèrent des rejettons, comme les branches semblables, qui n'avaient point été soumises à ces expériences. Il paraît donc que les organes des végétaux sont détruits par le choc électrique, & que son influence désorganisante est bornée à la place qui l'éprouve.

Il me semble à présent que l'opinion de ceux qui établissent que l'électricité ne favorise pas la végétation, est plus probable que l'opinion contraire, d'autant plus qu'il est bien prouvé par les expériences que le fluide électrique lèche les surfaces des végétaux, plutôt que de pénétrer leurs fibres intérieures.

Cette question ne doit pas tarder d'être résolue complétement; plusieurs physiciens distingués en font l'objet de leurs recherches. Vassalli, dans le *Giornale scientifico* de Turin, T. III, partie seconde, croit que l'électricité colore un peu les plantes en vert. Gardini, dans le même journal, observe que l'air renfermé sous une cloche avec une plante, devient meilleur quand la plante y est électrisée.

Je croirais convenable d'électriser les plantes par le moyen des vapeurs; ce serait peut-être une meilleure ressource pour combiner l'électricité avec les végétaux, en supposant qu'ils soient susceptibles de cette combinaison; mais il faut faire des expériences & s'abstenir de conjectures.

SECTION TROISIÈME.

Du développement des plantes & de leur accroissement.

CHAPITRE I.

INTRODUCTION.

C'EST une entreprise hardie que celle d'expliquer le jeu d'une machine dont on ne connaît pas toutes les pièces, dont on n'a pas même approfondi celles qui frappent les sens, & dont on n'a pas observé les rapports réciproques entr'elles & les objets sur lesquels elles peuvent agir. Telles sont les circonstances où se trouvent les physiologistes qui ont sous les yeux une description grossière des organes qu'ils étudient, & des idées superficielles de leurs rapports avec quelques substances qu'on peut observer. On est bien alors forcé de joindre les con-

jectures à l'observation ; mais il faut donner de la solidité à l'art de conjecturer en le fondant absolument sur l'art de faire des observations & des expériences ; cependant, comme on se trompe quelquefois dans les conséquences qu'on tire des faits qui ont été le mieux étudiés, on ne doit pas se flatter toujours de faire l'histoire de la nature, quand on raconte ce que la nature semble avoir montré.

On aime se rendre raison des phénomènes qu'on observe ; aussi en suivant leurs effets, on s'attache à en pénétrer les causes. Lorsqu'on travaille à rassembler les divers événemens de la vie d'une plante, on s'étonne bientôt du nombre & de la variété des faits qu'ils présentent, & l'on s'efforce de saisir leur enchaînement ; mais on s'embarrasse bientôt, au milieu de cette foule d'objets plus ou moins différens & rapprochés, alors en cherchant à les réunir, on en distingue quelques-uns, qui sont plus remarquables par l'influence qu'ils peuvent avoir sur les autres, & la facilité qu'ils donnent de les rattacher à l'ensemble ; ceux-ci méritent une grande attention, & c'est sur eux que je veux d'abord

fixer mes regards, en me bornant à considérer dans cette section ce qui peut concourir *au développement & à l'accroissement des végétaux*. Après avoir traité ces sujets importans, il sera plus facile de suivre les phénomènes particuliers; mais en passant ensuite à l'étude de ceux-ci, l'on s'appercevra d'abord, si les descriptions & les explications des premiers sont solides, parce qu'elles doivent donner la clef des autres.

CHAPITRE II.

De la germination.

L'HISTOIRE de la germination est trop vaste pour la considérer dans toute son étendue, & elle se trouve trop obscure dans ses détails pour tenter de les esquisser. Je me bornerai donc à présent à décrire ses phénomènes généraux, à indiquer les conditions que la graine doit avoir nécessairement pour germer, à marquer les rapports de la graine avec les objets extérieurs qui influent sur sa germination, & à tirer des faits connus une théorie de cette opération de la graine.

§. I. *Phénomènes généraux de la germination.*

La germination est cette opération par laquelle la plante s'échappe hors de la graine, où elle était contenue, quand la graine est dans des circonstances propres à produire cet effet; alors toutes les parties de la plante qui

sont à peine perceptibles, & dans le repos apparent le plus absolu, reçoivent un développement qui les met sous les sens, & un accroissement qui continue jusqu'à ce qu'elles aient atteint leur perfection. On ne pense pas sans étonnement, qu'un grand ormeau est sorti d'une graine aussi petite que celle du millet : on a beau le voir tous les jours, ce fait fixe encore l'attention avec le même intérêt, & il surprend l'imagination comme la première fois.

Si l'on met un pepin de courge en terre, on le trouvera, comme Malpighi, gonflé au bout de 24 heures, & son enveloppe tellement humectée, qu'on peut exprimer le fluide qu'elle contient en la comprimant. Au sommet de ce pepin, on découvre un trou communiquant avec les cotylédons, & leur portant l'eau qui les remplit : déjà les feuilles séminales deviennent sensibles, & la plantule enveloppée dans ses petites feuilles s'étend. Après le second jour, la seconde membrane se ramollit davantage, elle se déchire, la plantule s'allonge, s'enfle, s'arrondit dans la partie supérieure ; quand on la partage par le milieu, on y découvre des filets li-

gneux avec des trachées, & l'on en voit sortir le commencement de la radicule; on y observe les utricules de l'écorce & la moelle dans le milieu. Après le troisième jour, la première enveloppe brunit, les utricules sont plus pleins, les petites feuilles de la plumule ont plus de consistance; elles continuent à croître; on y distingue les faisceaux des fibres, la tige devient plus épaisse, la radicule conique perce les enveloppes près du trou. Après le quatrième jour, la plantule plus gonflée reste dans son étui, la radicule seule en sort; mais, si l'on observe les enveloppes de la graine, on trouve la seconde desséchée, recouvrant des feuilles blanches, flexibles & molles, où l'on remarque de petites côtes; la tige & la radicule continuent à se développer; celle-ci paraît comme un appendice cortical blanc, protubérant; on y découvre de petits boutons qui annoncent le développement des radicules latérales. Dans le sixième jour, les feuilles sortent de la graine, elles sont très-molles, quoiqu'elles aient forcé leur prison; leur pétiole s'allonge, se couvre de poils, & l'on observe sur toute la radicule une espèce de duvet. Dans le

neuvième jour, les feuilles séminales enveloppent le bouton, la plante paraît à l'air, elle est jaunâtre, son sommet commence bientôt à se verdir, les côtes des feuilles grossissent, leurs utricules se remplissent d'un suc verdâtre; les radicules se développent davantage; on distingue mieux les fibres ligneuses de la tige, ses trachées, sa moelle; on voit même les utricules liées aux fibres ligneuses & corticales. Ces fibres ligneuses, rapprochées à la base de la tige, forment le tronc qui sort de la partie supérieure de la radicule; le bouton s'augmente: au vingt-unième jour, la plante est parfaite. Je dois remarquer ici que le milieu de la plumule est souvent la première partie de cette division de la plantule qui paraît sous la forme d'un arc.

On peut observer la plantule dans la graine avant qu'elle ait été mise en terre : on la voit dans la graine du haricot avec ses deux petites feuilles larges & blanches, placée dans la substance de la graine. Ces feuilles sont pendantes à une tige très-petite, où les feuilles sont attachées par des faisceaux de fibres & de trachées : au sommet de la petite tige,

on apperçoit un petit bouton formé par de petites feuilles; en coupant transversalement la petite tige de cette plantule, on découvre sa radicule avec de petits globules, donnant naissance aux racines: mais il faut voir tout cela au soleil dans la fève ou les haricots, parce que ces parties sont alors transparentes.

Ledermuller sema des graines de seigle en été dans une bonne terre; au bout de la première heure, il trouva le germe gonflé; il remarqua les nœuds dont les filets de la radicule devaient sortir; au bout de la seconde heure, on distingua ces filets; après 24 heures, le germe était hors de la graine; le soir, les deux filets de la racine s'étaient étendus, les premières feuilles étaient encore enveloppées. Au quatrième jour, plusieurs plantes étaient sorties de terre; le soir, les feuilles rouges parurent; on y remarquait les dix vaisseaux séveux, des poils tendres, un fin duvet. Dans le cinquième jour, la feuille s'était allongée de 2,7 centimètres ou d'un pouce, elle était verte. Dans le sixième, on vit les secondes feuilles.

Gleichen, qui a fait ces observations sous

un autre point de vue, leur a donné un nouvel intérêt. Il mit des pois dans l'eau colorée pendant 24 heures, & lorsqu'il les comprima, ils rendirent cette eau par la cicatricule. Ce physicien imagina de vernir la cicatricule ou de la couvrir de cire, & il remarqua que ces pois ne prenaient plus autant d'eau dans quelques jours, qu'ils en prenaient sans ce vernis ou cette cire pendant quelques heures. Il remarqua même que les pois dont la cicatricule avait été bien vernie ou couverte de cire, ne germèrent point. Il prouve de cette manière, que l'eau colorée pénétrait la graine en traversant la peau au bout de quelques heures; mais j'ai répété ces expériences avec un lut composé de cire & de thérébentine pour éviter l'effet de la chaleur, & les pois comme les haricots ou les fèves dont j'avais luté avec soin la cicatricule, germèrent, quoiqu'ils eussent tiré un peu moins d'eau que dans leur état naturel; malgré mes soins, je n'assurerai pas que l'eau n'ait pas pénétré la graine en passant par la cicatricule.

Gleichen vit comme Bonnet & moi, que les tranches des cotylédons des graines ger-

mant dans les eaux colorées, montraient des points colorés ; ce qui indiquerait que la matière colorante passe au travers des cotylédons, avant d'arriver à la radicule par l'espèce de bourrelet qui l'unit à eux ; à moins que cette liqueur ne se filtre sous l'épiderme de la radicule, ce qui serait peu analogue avec la marche connue de la végétation. Cependant, comme cette liqueur colorée est renfermée dans des vaisseaux, il pourrait arriver que la séve nourricière, ou ce suc vert se versât dans la radicule par les vaisseaux qui y aboutissent, comme le suc propre redescend des feuilles dans les racines pour les nourrir. Quoiqu'il en soit, cette expérience prouve toujours que les cotylédons sont les nourrices de la plantule.

Ce même physicien planta à la profondeur de 2,26 millimètres ou une ligne quelques pois dans une terre humide ; au bout de six heures, il y en eut trois qui furent gonflés, les autres furent seulement le lendemain dans le même état ; au bout de 48 heures la peau de ces pois fut fendue par le germe. Il sema encore des pois de manière que leurs germes fussent hors de terre, mais il les enfonça à

diverses profondeurs, en observant que le germe de ces graines fût toujours dans l'air; au cinquième jour, il n'y eut point de changement dans leur état : la peau des pois les plus humectés était un peu plus humide; au septième jour le germe s'était gonflé; au huitième il perça la peau de la graine & se courba pour gagner la terre par sa radicule : alors, au bout de deux heures, le germe s'allongea de 2, 26 millimètres. Ces expériences montreraient donc encore que l'eau peut pénétrer la graine au travers de ses enveloppes, comme je crois l'avoir vu dans les expériences où la cicatricule des graines avait été couverte de lut. Cependant, comme tous les autres pois se pourrirent, il paraîtrait que l'eau s'introduisit dans ceux qui germèrent par leur cicatricule; car si l'eau s'était seulement insinuée au travers des enveloppes de la graine qui germa, elle aurait dû pénétrer de même les autres pois dont la peau touchait aussi la terre humectée. On peut donc conclure que les graines germantes aspirent l'eau, & il n'est pas improbable qu'elle les pénètre par leurs cicatricules & leurs enveloppes.

Je voulus éclairer ces obscurités par des expériences. Je choisis les graines de féves & de haricots ; je fermai soigneusement la cicatricule de quelques-uns avec mon lut ; je les pesai tous scrupuleusement, & je les mis dans la mousse, que j'entretins dans la même humidité pendant la suite de l'expérience. J'ai jugé la quantité de l'eau combinée dans la graine, par l'augmentation de son poids ; mais il faut comprendre dans cette augmentation le poids du carbone, résultant de la décomposition de l'acide carbonique, qui s'est insinué dans la graine avec l'eau, & de celui qu'elle peut avoir tiré de l'aïr par ses feuilles.

Jours de l'expérience.		Haricot naturel.		Haricot luté.
Ventôse	8	pesant 358,26 millig. ou 6 gr. $\frac{1}{2}$		pesant 544,03 millig. ou 10 gr. $\frac{1}{4}$
	9	490,95		710,53
	11	736,43		915,56
	15	778,62		942,10
	18	778,62		946,54
Germinal	2	835,95		955,37
	8	835,95		995,18
	16	849,21	ou 16 gr.	1101,31
	23	la peau s'ouvrait, mais il périssait.		1300,45 ou 23 gr. $\frac{1}{4}$ La radicule était découverte, quoique le lut adhérât aux haricots.

Jours.		Fève naturelle.					
Ventôse	11	pesant 5,307 gmes. ou 100 grains.					
	15	6,050	commence à germer				
	18	6,156	la radicule a	6,77 millimet. ou 3 lig.			
	21	6,216		2,9 centimet.			
	25	6,759		5,6	La plumule paraît.		
Germinal	5	7,702		8,5	elle a	2,7 centimet.	
	16	9,288		1,48 décimet.		5,1	
	23	11,822	La radicule			8,5	
	30	13,134	reste la même, il en pousse des latérales.			1,08	décimet.
						1,89	
Floréal	14	19,956 ou 396 grains.				2,71	

Les événemens de la féve lutée furent à-peu-près les mêmes, elle germa seulement un jour plus tard.

On apprend ainsi que l'augmentation du poids dans les haricots lutés, a été environ d'un quart plus petite : ce qui prouverait qu'ils ont été plus mal nourris que les haricots naturels, & par conséquent qu'ils ont moins tiré d'eau que ces derniers ; mais, comme je ne puis assurer que le lut ait été bien appliqué à la cicatricule, je ne puis dire que ces graines aient seulement tiré l'eau par leurs membranes, quoiqu'il soit évident qu'ils en ont tiré une quantité moindre ; d'ailleurs les fèves & les pois ne m'ont pas offert cette différence, qui peut être particulière à cette espèce de graines ou même à cet individu.

L'augmentation du poids de la féve est considérable, puisqu'il est à la fin de l'expérience quatre fois aussi grand que celui de la féve au commencement.

On voit ici que la radicule qui paraît la première, cesse de s'alonger quand elle se divise pour former de petites racines ; la plumule se comporte différemment, puisqu'elle s'alonge en se divisant pour produire de nouveaux rameaux.

La plumule ne commence à se développer que lorsque la radicule peut la nourrir ; c'est-à-dire,

c'est-à-dire, lorsqu'elle a pris assez d'accroissement pour recueillir dans le milieu où elle se trouve logée, les matières propres à favoriser le développement de cette partie qu'elle doit nourrir pendant toute son existence.

Il m'a paru important de suivre quelques graines placées dans une éponge humectée avec une eau colorée : je laissai de cette manière des féves, pendant dix jours, dans une éponge mouillée avec une infusion de bois de fernambouc, que je renouvellai journellement. Je trouvai les deux enveloppes de cette féve rougies ; les cotylédons étaient extérieurement d'un jaune rougeâtre, sur-tout autour de l'ombilic ; intérieurement ils étaient d'un blanc légérement rougeâtre, & l'on entrevoyait en particulier cette nuance rose dans la radicule. Les cotylédons étaient peu gonflés & la plumule peu développée.

Je plaçai une féve prête à germer, sur une éponge semblable ; je coupai, au bout de quelques jours, la partie supérieure de la plumule ; je vis sortir par la section une liqueur transparente, & j'apperçus vers le centre un cercle formé par cinq vaisseaux à

sucs, mais je ne vis point de liqueur colorée. Je distinguai les deux vaisseaux qui unissaient les cotylédons à la plantule : ils n'étaient point rougis, quoiqu'ils fussent manifestement remplis de sucs. Si l'on ne fait pas cette observation immédiatement après la section, l'abondance des sucs qui s'écoulent empêche de voir les vaisseaux, & quand on les a essuyés, on ne les remarque plus ; cependant en observant une tranche prise près de la section, & en l'observant avec une forte lentille, je remarquai une légère teinte de rouge. Les féves ne se développèrent point dans cette éponge ; cette matière colorante, dissoute dans l'eau, obstrua sans doute les vaisseaux de la plantule.

Je suivis ces expériences sur les haricots ; au bout de dix-huit jours la première enveloppe fut rouge, la seconde rougissait ; sous elle les cotyledons étaient devenus foncés autour de l'ombilic, & la couleur se dégradait en s'approchant du dos de la graine ; mais cette couleur paraissait moins étendue que formée par de très-petits points colorés, fort rapprochés. En ouvrant les lobes, on ne remarquait aucune trace rouge ; la partie la

plus colorée semblait être au point où la plumule & la radicule s'unissent : elle était d'un rose pâle ; les deux gros vaisseaux des cotyledons, qui s'implantent dans la plantule, paraissaient contenir une liqueur blanchâtre.

Ces expériences indiquent une espèce de communication entre les membranes & les cotylédons ; mais cette communication paraît interrompue, puisque l'intérieur des cotyledons n'est pas coloré : il pourrait arriver que la couleur fût tamisée par les pores des membranes, & que la liqueur colorée fût trop épaisse, pour enfiler les vaisseaux qui l'auraient conduite dans l'intérieur de ces organes, ou qu'elle y fut décolorée par son élaboration.

Gleichen a vu, comme moi, que les pois pourrissent sans germer quand ils sont trop humectés. Il les dépouilla plusieurs fois de leurs enveloppes, ils germèrent néanmoins & poussèrent fort bien : ce qui prouverait que l'eau traverse les enveloppes ; car ils auraient été noyés si les enveloppes ne les garantissaient que du contact de l'eau extérieure. Une amande, mise dans une terre humide par cette partie seule du noyau qui est opposée à la place du germe, se développe

comme si elle avait été totalement enterrée ; mais dans ce cas la suction seule des cotylédons pénétrés d'humidité, portent la liqueur qu'ils ont élaborée dans la plantule ; cependant, les amandes dépouillées de leurs enveloppes, ne germent point & ne végètent pas aussi bien que celles qui les ont : l'eau y pénètre sans doute avec trop d'abondance & la fermentation est trop rapide.

La plantule se développe plus dans la graine que les cotylédons, dont le développement est très-lent pendant la germination ; mais il a été aussi très-rapide pendant la formation de la graine. Les feuilles séminales de diverses plantes, occupent plus d'espace que les lobes, qui ne se changent pas toujours en feuilles séminales, comme dans le gland & la noix ; ceux-ci ne donnent pas de vraies feuilles, quoiqu'ils restent long-tems verts & succulens, quoiqu'ils croissent & changent de couleur sous cette forme. Les expériences de Malpighi, de Bonnet, & les miennes, prouvent pourtant l'utilité des cotylédons pour le développement de la plantule, puisque leur retranchement en fait périr un grand nombre, & puisque celles qui ne périssent pas par cette opération sont,

par leur taille, les miniatures des autres. Les graines dont les insectes ont dévoré les cotylédons, ne se développent pas; mais s'il en reste une partie attenante au germe, elle favorise encore son développement. Giobert observe, dans ses *Recherches sur les engrais*, que la substance huileuse & farineuse des lobes, suffit pour donner aux plantes la nuance verte qu'elles ont en sortant de terre, comme on le voit dans les melons & les limons élevés à l'obscurité, & comme je l'ai vu cent fois dans les haricots & les féves étiolés, où l'on distingue des vaisseaux verts au travers de leurs tiges blanches; sans doute ces huiles abandonnent une partie de leur carbone pour produire cet effet, que la décomposition de l'acide carbonique ne saurait peut-être alors fournir; la partie huileuse existe dans la graine, & la plantule qui est dans l'obscurité manquerait de moyens pour se procurer sans elle le carbone, qui lui est si nécessaire. Telle était la manière dont j'expliquais ces fluides verts, observés alors dans la plantule; mais je crois plutôt que, à l'obscurité, il ne se décompose que la quantité d'acide carbonique nécessaire pour la végétation; tandis que

au soleil, il s'en décompose une quantité plus grande ; & le gaz oxygène, qui ne peut alors se combiner, s'échappe.

Les noyaux germent comme les graines ; mais il faudrait trouver pour eux la cause de l'ouverture de leurs valves, qui offrent à la plantule une résistance plus grande que les enveloppes membraneuses des graines. L'amande sèche, occupe environ la moitié de la cavité du noyau ; quand elle germe, elle la remplit. Le vaisseau placé dans la rainure où les deux battans du noyau s'unissent, & qui les tient fortement rapprochés, s'humecte & se ramollit par l'eau qui les pénètre ; il s'allonge alors, & il tire les battans avec moins de force ; le gonflement de la graine agit sur eux par le germe, qui est le premier gonflé ; ce gonflement, qui augmente toujours, surmonte l'obstacle mis à l'ouverture du noyau, & réussit d'autant mieux que le lien qui unit les battans se relâche davantage ; ils peuvent être ainsi peu à-peu repoussés jusqu'à ce qu'il se séparent : on peut se faire ainsi une idée du mécanisme propre à produire l'ouverture des noyaux ; mais l'amande & la plantule

pourraient-elles être comprimées dans le noyau sans se désorganiser ?

Pour éclaircir ce phénomène, j'essayai de mettre sous l'eau, au printemps, des noyaux de pêches, & d'abricots ; quinze jours après l'eau les avait pénétrés ; mais leurs battans étaient aussi fortement unis que s'ils n'avaient pas été humectés ; je les examinai souvent à diverses reprises, mais je les trouvai toujours fortement collés : ce qui prouverait que le gonflement seul de l'amande & l'allongement des vaisseaux, ne sauraient produire dans les valves l'écartement nécessaire pour leur germination ; je laissai cependant ces noyaux sous l'eau pendant une année, je les trouvai pleins d'eau, avec leurs amandes pourries ; mais malgré la désorganisation des vaisseaux, malgré la fermentation de la graine, les valves étaient toujours étroitement unies ; cependant comme le germe ne s'était pas gonflé, on ne pouvait savoir le rôle qu'il jouerait pour ouvrir le noyau.

Je mis aussi ces noyaux dans l'esprit de vin, où ils restèrent une année ; mais leurs battans furent toujours étroitement collés, quoique la dissolution des noyaux eût forte-

ment bruni ce fluide : j'observai seulement, au bout de sept mois, que la substance du noyau s'égrenait en le touchant ou en le remuant. L'esprit de vin, en racornissant les vaisseaux qui ferment les valves, n'aurait-il point racourci & augmenté leur force fermante ? Quoiqu'il en soit, cette ouverture des noyaux, par la germination, est encore un secret, puisque l'action de l'eau, de l'esprit de vin, de la fermentation intérieure & même de l'extérieure, que j'ai aussi essayée, ne peuvent l'expliquer.

Je soupçonnerais donc que l'effort se fait dans le bout du noyau où le germe est placé, puisque c'est là que l'ouverture commence : c'est cette partie qui se gonfle la première & qui fait le premier effort ; elle est ensuite aidée par le gonflement des autres parties de l'amande, qui ne saurait être alors contenue dans la cavité du noyau. Cet effort prolongé du germe & des cotylédons, repousse les valves, comme les parties intérieures du bouton écartent ses écailles. La séve élaborée par l'amande, peut fournir une liqueur propre à dissoudre le gluten qui tient les valves collées; de même que ces coquillages cramponés à

des pierres, s'en détachent au moyen d'un suc propre à dissoudre le lien qui les enchaînait : ainsi la matière mucososucrée, qui dissout la matière glutineuse des graines, pourraît dissoudre aussi le gluten qui colle les valves. J'ai cependant mis des noyaux de pêches dans une eau fortement sucrée, elle fermenta & pénétra le noyau sans séparer ses valves.

La direction constante de la radicule vers la terre & de la plumule vers le ciel, est un phénomène de la germination que j'examinerai ailleurs ; mais il est curieux d'observer ici en passant, que ce moment est le seul où la radicule ne puisse être qu'une racine, & où la plumule pousse constamment des feuilles, puisqu'on peut voir souvent dans d'autres, la racine produire des branches & la tête des plantes s'enraciner quand on la mise en terre.

§. II. *Conditions de la germination relatives aux graines.*

Les graines doivent être mûres pour germer ; pour l'ordinaire elles ne germent pas quand on les a cueillies avant leur maturité ; j'ai pourtant vu germer des pois verts & ten-

dres ôtés de leurs siliques vertes & molles. Si les graines germent rarement avant leur maturité, c'est parce que la matière farineuse n'est alors ni assez abondante, ni assez perfectionnée pour fermenter.

Il y a des graines comme celles du café, qui doivent être mises en terre au moment où elles sont mûres, autrement leur germination deviendrait douteuse; mais il y en a qui conservent leur faculté germante au bout de 40 ans, comme les légumineuses.

Les graines placées à la surface de la terre dans un tems sec, ne germent point; celles qui sont enfoncées à une grande profondeur, se conservent saines sans germer.

L'espace de tems nécessaire à la germination des graines mises en terre à une profondeur convenable, est très-différent; les unes lèvent au bout d'un jour, d'autres au bout de plusieurs mois, d'autres exigent des années. Cela ne viendrait-il point de leurs affinités avec l'eau ? Celles qui en tirent le moins, seraient celles dont la germination devrait être la plus retardée; il en serait de même de leur facilité à fermenter ou à combiner une quantité plus ou moins grande de leur

carbone avec le gaz oxygène ; il paraît en général que les graines les plus farineuses & les moins huileuses germent plus tôt que les autres. N'y aurait-il pas aussi des germes dont la constitution organique exigerait une nourriture plus prolongée pour leur développement ?

Il y a des familles de plantes dont les graines germent plus tôt que celles des autres ; les graines des graminées sont les premières ; ensuite celles des crucifères, des légumineuses, des bryones, des labiées, des ombellifères ; mais les jujubiers & les rosiers donnent les graines qui germent le plus lentement : cela est pourtant sujet à mille variétés dépendantes de la chaleur, de l'humidité & de diverses circonstances particulières. Adanson nous apprend que le climat du Sénégal avance la germination de nos graines d'un à trois jours ; la somme des degrés de chaleur nécessaires pour la germination de chaque plante, est la cause de cette différence. Ce botaniste indique le tems de la germination de quelques plantes pour le climat de Paris ; car je ne l'ai pas trouvé exact pour le nôtre, comme on pourra le remarquer.

	Jours.
Le millet germe au bout de . . .	1
L'épinard, le haricot, la moutarde.	3
La laitue, l'anet.	4
Le cresson, le melon, la courge .	5
Le raifort, le poirier	6
L'orge.	7
L'arroche.	8
Le pourpier	8
Le choux	10
L'hysope.	30
Le persil.	40 ou 50
L'amandier, le châtaignier, le pêcher	1 an.
Le cornouiller, le rosier, l'aubépine, le noisetier.	2

Ces observations apprennent que le tems de semer les graines n'est point indifférent à la germination ; en général, le printems paraît la saison la plus favorable ; mais on doit comprendre qu'il y en a qui doivent être semées en automne pour germer au printems, comme les primevères, le *cerastium connatum*, *staphysagria*, *scabiosa ovina*, qui ne germent point quand on les sème au printems. Il y a toujours un avantage à semer tard les plantes annuelles qui n'ont pas le

tems de fructifier pendant l'annee ; elles sont alors assez avancées pour se conserver dans la serre, & recommencer leur végétation dans l'été suivant, comme la *ketmia spinosa.*

§. III. *Circonstances extérieures aux graines relatives à la germination.*

Les graines parfaites ne germent pas toujours ; il y a des circonstances plus ou moins propres à favoriser cette opération. Les graines profondément enfoncées en terre ne germent jamais ; plusieurs graines périssent dans l'eau ; presque toutes restent sans développement dans un air parfaitement sec, ou dans une terre desséchée. Le plus grand nombre ne germerait pas sans eau, sans terre & sans air. Il faut donc chercher les rapports des graines avec ces substances nécessaires à leur germination.

I. L'expérience apprend tous les jours que la TERRE est l'heureux dépositaire des graines qu'on lui confie, qu'elles y germent, & qu'elles y trouvent une nourrice & un berceau ; mais doivent-elles leur développement à la terre qui les enveloppe ? J'ai déjà

fait voir qu'il n'y avait que la terre dissoluble dans l'eau qui remplît ce but ; les graines ne germent point dans la terre séche, ni même dans la terre humide à une grande profondeur ; quoiqu'elles germent fort bien sans terre, pourvu qu'elles soient placées dans des substances fort humectées.

Bierkander apprend dans les *Mémoires de l'académie de Suède pour l'année* 1782 que les fèves, les pois, le froment, le seigle, l'orge, l'avoine & le lin lèvent lorsqu'ils sont enterrés depuis 2,7 centimètres ou un pouce, jusqu'à 1,6 décimètre ou six pouces dans le terreau d'un jardin, à l'exception de la graine de lin qui ne leva pas, quand elle fut enfoncée à 1,3 décimètre ou cinq pouces. Il vit dans tous les cas que les plantes paraissaient d'autant plus tard, que leurs graines étaient plus profondément enfoncées, mais elles doivent alors parcourir après la germination l'espace qui les sépare de la surface du sol. Ces graines montrèrent leurs plantes à-peu-près dans le même tems, quand on les semait dans l'argile, le sable ou le fumier ; mais le lin ne leva point dans l'argile, quand il en était recouvert par une couche de 8,1 centimètres ou

trois pouces, ni dans le sable à la hauteur de 1 décimètre ou quatre pouces, ni dans le fumier à celle de 8,1 centimètres. Enfin il observa que dans ces cas la chaleur hâtait la germination.

II. L'AIR est nécessaire à la germination; les expériences faites par Homberg, rapportées dans les *Mémoires de l'académie des sciences de Paris pour* 1669, apprennent que si quelques graines de laitue, de pourpier, de cresson levèrent dans le vide, il n'y en eut qu'un petit nombre; que le cerfeuil & le persil ne germèrent point, & que les plantes germées périrent à l'air : les graines qui refusèrent de germer sous le récipient de la pompe pneumatique, germèrent néanmoins à l'air libre; ce qui prouve que la dilatation de l'air n'avait point altéré leur organisation. Il est même bien probable que les graines qui levèrent dans le vide ne se développèrent ainsi que parce que l'air du récipient n'avait pas été bien évacué, & parce que les pompes pneumatiques étaient alors fort imparfaites. Je n'ai point vu germer les graines de laitue dans le vide; mais les pois y ont germé, & les graines de laitue qui avaient

refusé de germer, ont bien germé à l'air libre. Boyle, Muschembroek, Boerhave ont aussi affirmé d'après leurs expériences qui furent surement mieux faites que celles de Homberg, que le concours de l'air était absolument nécessaire pour la germination; c'est sans doute la privation de l'air qui empêche la germination des graines profondément enterrées; & c'est probablement par la même raison que les graines germent mal quand il pleut d'abord après qu'elles ont été semées; il se forme alors une croute sur le terrain qui gène le passage de l'air.

Les expériences d'Achard & de plusieurs autres physiciens ont prouvé de même que les graines ne germaient point dans les gaz azote, acide carbonique & hydrogène qui ne sauraient altérer les graines; aussi Huber, qui s'est occupé de ce sujet curieux, a bien fait voir par ses expériences que les graines qui ne germent point dans ces gaz y reprennent leur propriété de germer aussitôt qu'on y introduit une petite quantité de gaz oxygène, tout comme, lorsqu'on les place dans l'air commun qui est un mêlange de gaz oxygène & azote; de sorte qu'on peut conclure avec

avec sûreté que le gaz oxygène détermine leur germination; il paraît même par les expériences du même observateur, que les premiers developpemens des plantes sont alors plus rapides dans le gaz oxygène que dans l'air commun; mais Humboldt, qui familiarise les physiciens avec tant de faits nouveaux & singuliers, a vu les graines de pois & de haricots mises dans la terre siliceuse, arrosée d'eau aiguisée d'acide muriatique oxygéné, germer beaucoup plus tôt que celles qui avaient été arrosées d'eau pure; tandis que ces mêmes graines périrent quand elles furent arrosées d'eau mêlée avec l'acide muriatique pur. Les graines du cresson *lepidium sativum* montrèrent des germes au bout de six heures, quand elles furent humectées avec une eau chargée d'acide muriatique oxygéné, & seulement après 32 heures, quand elles furent mouillées par l'eau commune; ce physicien illustre, en augmentant la chaleur, est parvenu à faire germer les mêmes graines par les mêmes moyens dans trois heures: on est même parvenu à Vienne à animer des graines qui avaient toujours refusé de germer, comme celles de la *dodonæa angustifolia*, &

de la *mimosa scandens*. Humboldt prouve encore l'influence du gaz oxygène sur la germination, par des expériences qui lui ont montré que les graines semées dans des oxides métalliques, comme le minium & la litharge, s'y développaient plus vîte que dans la terre ; mais il faut pourtant dire aussi que les plantes germées dans l'eau qui contient l'acide muriatique oxygéné, périssent bientôt après avoir vu le jour.

Ces faits donnent une explication solide de la résistance des graines pour germer dans le vide ou dans l'air très-raréfié, comme dans les gaz acide carbonique, azote & hydrogène ; elles y sont totalement privées du gaz oxygène qui leur est indispensablement nécessaire pour cette opération; & si quelques graines ont germé quelquefois sous le récipient de la machine pneumatique, c'est sans doute parce que le vide n'était pas parfait; de même on pourrait croire que quelques graines de la plaine ne refusent de germer sur la cime des montagnes élevées que parce qu'elles n'y trouvent pas assez de gaz oxygène pour les développer, en supposant que les autres conditions restent égales. Il

faut pourtant observer que le gaz oxygène le plus pur, & l'air commun débarrassé de son acide carbonique, sont moins propres à la germination que ceux qui en ont une petite partie; il paraîtrait même que l'air commun favorise davantage la germination que le gaz oxygène le plus pur, sur-tout quand on suit l'histoire de la plante dans toute son étendue.

Les lois générales, qu'on établit souvent avec trop de confiance sur quelques faits qui s'y rangent avec facilité, sont aussi souvent déconcertées par des faits nouveaux qu'on n'avait pas soupçonné. Je me suis particulièrement occupé de la germination avec Huber, cet observateur ingénieux des abeilles; entraîné par des circonstances particulières, il a quitté l'étude de ces mouches, qui lui ont fourni de nouvelles découvertes prêtes à être publiées, pour se livrer à la physiologie végétale : il s'est borné, dans ce moment, à l'observation des graines mises en terre, & il a suivi leurs développemens avec une adresse & une patience rares. Cette conformité dans nos goûts m'a donné un ami dont je sens tous les jours davantage le prix : une correspondance très-suivie nous a mis dans

le cas de méditer ensemble le beau sujet qu'il a choisi ; mais il a fait seul presque toutes les expériences dont nos méditations nous faisaient naître l'idée. Avant de publier ce travail, que je crois aussi neuf que curieux, je donnerai ici les résultats de quelques-unes des expériences de Huber, avec les conséquences capitales qu'elles m'ont fournies.

L'expérience apprend que les pois germent sous l'eau bouillie & distillée, comme dans les gaz hydrogène, azote & acide carbonique purs, quoique le plus grand nombre des autres graines refusent d'y germer : j'ai même vu ces pois germer sous le récipient de la machine pneumatique, où le vide se maintenait à environ 9 millimètres ou 4 lignes, quoique d'autres graines, comme celles des laitues, refussassent d'y germer, & germassent ensuite en plein air. L'air rendu dans le vide par les pois que j'y mis sous l'eau bouillie, fut d'abord un peu moins bon que l'air commun; mais quelques heures après, celui que j'en retirai, ne fut point diminué par l'air nitreux.

Les pois mis sous l'eau fournirent les gaz hydrogène & acide carbonique ; ceux qui ont germé dans le gaz hydrogène, tiré du zinc

par l'acide sulfurique, lavé dans l'eau de chaux & resté en contact avec elle pendant plusieurs jours, ont donné beaucoup d'acide carbonique : ce mêlange de gaz débarrassé avec le plus grand soin de son acide carbonique, de manière qu'il traversait l'eau de chaux sans la troubler, semblait devoir faire retrouver le gaz hydrogène pur : cependant, en le faisant détonner avec l'air commun, bien lavé dans l'eau de chaux, il a montré encore des traces d'acide carbonique, ou plutôt il a fait voir dans sa combustion & dans sa détonnation sur l'eau de chaux, qu'il contenait du carbone, puisqu'il brûlait avec une flamme légèrement colorée en bleu, & qu'il laissait sur l'eau de chaux une crême produite par sa combinaison avec l'acide carbonique qui s'était formé.

Ces expériences méritent une grande confiance, par l'exactitude avec laquelle elles ont été faites, comme par leur fréquente répétition ; si mon témoignage pouvait ajouter quelque chose à leur solidité, je puis dire que j'ai répété les plus importantes ; & que j'ai eu les mêmes résultats. Ces expériences offrent de grandes idées ; elles m'ont paru établir, avec une probabilité assez grande,

la décomposition de l'eau par la végétation, qu'on ne pouvait guère encore que soupçonner.

Voici deux expériences différentes, faites dans ce but, qui me semblent se confirmer réciproquement en confirmant les précédentes. Les pois, mis dans l'eau bouillie & distillée, ont donné en germant les gaz hydrogène & acide carbonique ; leur volume était tel qu'on ne pouvait le soupçonner dans les graines, puisque le volume de ces gaz a été au moins dix fois plus grand que le volume de l'air que j'ai retiré du même nombre de pois, par le moyen de la pompe pneumatique ; & puisque je n'en ai pas pu retirer une quantité un peu remarquable en tenant ces pois dans l'eau exposée à une chaleur de 60 à 70°, pendant quelques heures : ce qui force à conclure que les gaz obtenus sous l'eau sont un produit de la germination ou de la fermentation, qui est la cause de celle-ci.

En réfléchissant un moment, on peut aisément sentir la force de ces probabilités. Pour opérer la production des gaz obtenus, il faut en trouver la source dans l'eau & dans le gaz hydrogène, où ces expériences ont été

faites ; puisqu'on peut assurer que les gaz hydrogène & acide carbonique ne sont pas matériellement contenus dans les pois, comme on a pu le remarquer ; puisque ces gaz ne se manifestent point dans le premier jour, mais seulement quand la germination commence, & puisque j'ai vu les pois rester 10 jours dans l'eau saturée d'acide carbonique, sans y éprouver aucun changement & sans y fournir une apparence de gaz étranger à l'acide carbonique contenu dans l'eau, parce que cet acide empêchait leur fermentation : mais je les vis germer quand ils en furent ôtés. Il paraît donc que les gaz obtenus dans les deux expériences dont j'ai parlé, sont formés par la décomposition de l'eau qui donne le gaz hydrogène, qu'on ne pourrait obtenir autrement ; & le gaz oxygène, qui est un des élémens de l'acide carbonique formé par sa combinaison avec le carbone de la graine.

On sera peut-être plus fortement décidé quand on réfléchira sur l'expérience qui présente les pois dans le gaz hydrogène tiré du zinc, parfaitement pur & soigneusement lavé dans l'eau de chaux : on a vu la quantité de gaz acide carbonique qui est alors produit ;

le gaz hydrogène pur certainement ne peut offrir ni le carbone ni le gaz oxygène qui constituent l'acide carbonique ; & puisqu'il ne peut être contenu dans les pois, il faut qu'il soit nécessairement formé aux dépens du carbone de la graine & de l'oxygène de l'eau qui doit être nécessairement décomposée dans la germination.

Mais pourquoi donc toutes les graines ne germent-elles pas comme les pois sous l'eau & dans les gaz azote, acide carbonique & hydrogène, puisque cette décomposition de l'eau devrait leur fournir le gaz oxygène qui leur manque ? On peut croire d'abord que cette décomposition doit se faire, puisqu'il y a une production considérable d'acide carbonique lorsqu'on fait l'expérience dans le gaz hydrogène : il paraîtrait seulement que l'oxygène décomposé, n'est pas suffisant pour débarrasser les graines, dans le même moment, du carbone dont elles sont remplies, ce qui est bien nécessaire pour favoriser la légère fermentation que la nature emploie pour réveiller le germe & lui donner une vie plus active ; aussi quand les graines ne sont pas restées trop long-tems humectées dans ces

atmosphères stériles, elles germent dès qu'on les place à l'air. Il est donc vraisemblable que les graines qui germent dans le vide & dans les gaz acide carbonique, hydrogène & azote, contiennent moins de carbone que les autres; & que l'oxygène produit par la décomposition de l'eau, suffit pour former l'acide carbonique nécessaire pour alimenter la plantule & débarrasser la graine du carbone surabondant qu'elle peut avoir; tandis que les autres graines, qui ne germent ni dans le vide ni dans les gaz dont j'ai parlé, ont besoin du gaz oxygène de l'air pour augmenter cet effet: aussi on le leur voit employer à cet usage, par la production du gaz acide carbonique qui se forme aux dépens du gaz oxygène de l'atmosphère où elles sont placées.

Il semblerait qu'il y a des graines qui ont plus de carbone que les pois, mais moins que les autres graines; puisque les féves, par exemple, les épinards, le bled, les lentilles, qui germent sous l'eau, ne germent pas, comme les pois, dans les gaz acide carbonique, hydrogène & azote & dans le vide, quoique la plupart des autres graines pourrissent comme dans l'eau sans germination; enfin ces graines qui refusent

germer dans ces milieux stériles, remplissent de charbon les gaz hydrogène & azote.

J'aurais encore quelques expériences à faire pour appuyer la solidité de cette explication; mais je suis presque forcé, par la saison, de les abandonner. Comme j'ai cru devoir ajouter tout ceci à tout ce que j'avais dit sur la décomposition de l'eau, dans la section seconde, chapitre III, de ce volume, nous continuerons Huber & moi ce travail, & je ne tarderai pas d'en rendre compte.

III. L'EAU est indispensable pour la germination; aucune graine ne germerait, si la sécheresse était complète. Les graines des plantes aquatiques germent seulement dans l'eau; toutes les graines se développent dans les corps humides, communiquant avec l'air ou même placées dans un air fort humide; mais le plus grand nombre des graines des plantes terrestres pourrissent, quand elles sont trop long-tems fort humectées. Si donc les graines germent par le moyen de l'eau, si l'eau contribue si puissamment à tirer les germes de leurs enveloppes, il est probable qu'il est important d'humecter la farine de la graine pour occasionner sa germination.

La nature des graines indiquerait peut-être jusqu'à un certain point la quantité d'humidité qui leur est nécessaire, par la nature des membranes qui leur servent d'enveloppes; celles qui ont un tissu lâche en demandent peut-être plus que celles dont le tissu est plus serré; mais toutes ont besoin d'une quantité déterminée de ce fluide.

IV. Un certain degré de CHALEUR est nécessaire pour produire la germination; les graines mises en terre pendant le gel, ne germent point, quoiqu'elles se développent fort bien, quand la chaleur commence à les pénétrer après le dégel, & quand le thermomètre est monté pendant quelques jours à 7 ou 8.° au-dessus de zéro.

On ne peut mesurer exactement la quantité de la chaleur nécessaire pour la germination des différentes espèces de graines; mais il paraît probable qu'il y a une certaine somme de chaleur nécessaire pour le développement de chacune d'elles, lorsque les autres conditions sont égales. Chaque graine livrée à elle-même germe dans un tems particulier, & ce tems indique mieux que le thermomètre, la chaleur du terrain. On l'observe dans les

campagnes où les graines des plantes annuelles, qui se sément elles-mêmes, reparaissent toujours à des époques peu différentes.

Une trop grande chaleur nuit à la germination en desséchant la graine germante. Un froid vif nuit à la graine germée par le gel qui la désorganise.

V. La LUMIÈRE joue-t-elle un rôle dans la germination ? j'avais soupçonné en 1782 dans mes *Mémoires physico-chymiques T. III. p.* 341, que la lumière arrêterait cet effet en suspendant la fermentation; je disais alors que la végétation serait arrêtée dans son principe, si les premiers accroissemens de la plante n'étaient pas faits à l'abri du soleil & de son influence; aussi les premiers rudimens des plantes sont étiolés & le soleil perfectionne leur éducation, en leur donnant la couleur & le port qu'ils doivent avoir. Je ne fis aucune expérience pour confirmer cette opinion; mais Jngenhous a montré dans le II. volume de ses *Expériences sur la végétation*, que les graines déposées dans la terre à l'obscurité, y germent plutôt qu'à la lumière. J'ai répété les mêmes expériences avec les mêmes résultats. Bertholon fit des réflexions sur ce

phénomène dans le *journal de physique de* 1789 : il y observait que l'évaporation à la lumière & en plein air, était différente de celle qui se faisait à l'obscurité, & il en concluait, que si les vases où les graines germent, étaient également arrosés dans les deux cas, ils ne seraient pas également humides; il crut même que les graines germaient plus vite au soleil qu'à l'obscurité, lorsque les deux vases étaient également humides ; cette idée paraissait d'autant plus vraisemblable, que la lumière favorise puissamment l'évaporation des plantes. Je refis néanmoins ces expériences, & j'obtins toujours les mêmes résultats. Enfin pour résoudre les difficultés de Bertholon, je répétai ces expériences sur des pois, des féves, des haricots placés sur des éponges également humides enfermées sous de petits récipiens semblables & d'une égale capacité ; je leur ôtai toute communication avec l'air extérieur par le moyen du mercure, j'en exposai quelques-uns au soleil ; j'en plaçai d'autres à côté d'eux, sous des étuis de fer-blanc, peints en rouge foncé, la chaleur fut à peu-près égale dans tous, l'évaporation ne pouvait pas influer sur l'humidité des éponges, puis-

que l'eau évaporée ne pouvait s'échapper: cependant la germination fut beaucoup plus promte à l'obscurité qu'à la lumière.

Il paraît donc que la lumière retarde la germination, & c'est pour prévenir ce retardement, que les graines semées doivent être couvertes de terre. Les plantules sont donc étiolées, afin de céder plus aisément à l'impulsion de la germination ; la plantule est nourrie différemment que la plante adulte ; les alimens de celle-là sont préparés dans la graine, ils n'ont pas besoin de l'élaboration de la lumière ; c'est ainsi que la radicule s'allonge, & que la radicule après avoir pris la nourriture qui lui convient, renvoye ces sucs à la plumule, après y avoir joint ceux qu'elle a tiré de la terre, aussitôt qu'elle a pu l'atteindre ; mais dès que la première enfance est passée, que la plantule tire de la terre la séve qu'elle peut s'approprier, alors elle s'échappe de l'obscurité où elle a végété, & la lumière en décomposant l'acide carbonique, lui prépare l'aliment qui lui convient : la lumière arrête ainsi une fermentation trop grande qui brusquerait le développement du végétal ; elle roidit ses fibres en les remplissant de car-

bone ; mais on ne connaît pas assez les propriétés de la lumière, pour pousser plus loin ces conjectures.

On comprend de cette manière comment la lumière retarde la germination ; en décomposant l'acide carbonique, elle lui enlève alors l'oxygène qui ne se sépare qu'en très-petite quantité, pendant que la plante est dans les ténébres, mais qui favorise la fermentation en y restant ; au lieu que lorsque la plante est au soleil, non-seulement elle la prive de cet oxygène, mais encore elle dépose dans les mailles de ses réseaux, une grande quantité de carbone qui est fortement antiseptique, qui donne au végétal de la rigidité en lui donnant plus de consistance, qui favorise le mouvement de ses fluides devenu nécessaire, & qui empêche une stagnation d'autant plus dangereuse qu'elle serait plus considérable dans une plante plus grande.

VI. Je ne dirai rien de l'ÉLECTRICITÉ puisque son influence est au moins douteuse, & puisqu'il serait au moins téméraire de lui assigner des effets qu'on ne saurait caractériser.

§. IV. *Essai d'une théorie de la germination.*

En suivant les événemens de la germination, l'on voit d'abord les enveloppes de la graine mise en terre changer de couleur: ces membranes d'abord pleines de sucs, se desséchent à mesure que la graine se développe & se mûrit, mais elles semblent se ranimer pendant la germination; ces étuis de la graine lui tamisent alors avec discrétion l'eau dont elle a besoin & préviennent sa pourriture, qu'une eau trop abondante pourrait occasionner ; c'est au moins le sort des graines dépouillées de leurs enveloppes, lorsqu'on les met dans une terre humide. Ce qui me fait soupçonner que les membranes distribuent l'eau avec économie aux cotylédons, & qu'elles sont des obstacles à la dessication de la graine une fois humectée, comme les moyens d'entretenir son humidité. J'ai montré que ces membranes se mouillaient l'une après l'autre, & que l'eau qu'elles avaient aspirées, parvenait enfin au corps de la graine. Il est probable que les enveloppes de la graine humectent les lobes, tandis que la cicatricule humecte

humecte la plantule, & lui fournit l'air dont elle a besoin. L'expérience apprend encore, qu'une petite quantité d'eau excite la germination des graines, tandis qu'une grande abondance occasionne pour l'ordinaire leur pourriture.

Il n'y a point de germination dans les graines dont la cicatricule est fermée avec la cire, ou du moins elle y est retardée, ce qui montre que l'humectation seule de la graine par les membranes, n'est pas suffisante, & qu'elle doit encore recevoir l'air & l'eau par une autre voie ; d'ailleurs comme ces membranes ne paraissent pas liées aux cotylédons par des vaisseaux, elles semblent plus propres à les humecter qu'à nourrir la plantule qui peut recevoir plus facilement sa nourriture par la cicatricule, quoiqu'on conçoive fort bien comment les cotylédons pourraient d'abord faire passer leurs sucs dans la plantule : cependant si l'eau arrivait trop abondamment dans les cotylédons, elle les réduirait en bouillie, & si elle n'entrait que par la cicatricule, ils resteraient secs, & ils ne pourraient préparer l'aliment qui est si nécessaire au développement de la plantule ; mais les

membranes, en portant par leurs pores une eau plus ou moins chargée d'acide carbonique dans les cotylédons, y favorisent une légère fermentation dans la farine qu'ils contiennent, & préparent le lait destiné à cet embryon végétal. Les enveloppes peuvent encore empêcher la pourriture, ou retarder la fermentation en préservant les lobes du contact de l'air.

La membrane intérieure de la graine enveloppe entiérement la radicule, qui ne peut sortir de la capsule où elle est comme dans un étui, & s'échapper par la cicatricule, à moins que la capsule ne soit ramollie & la cicatricule dilatée. L'humectation de la membrane produira cet effet; l'eau pénètre la plantule, elle ouvre ses vaisseaux & la dispose à recevoir la nourriture élaborée par les cotylédons. La membrane dilatée facilite la sortie de la radicule; la radicule gonflée par les sucs qu'elle reçoit de la cicatricule & des cotylédons, prend de la force & de l'accroissement, alors elle ne peut plus être contenue dans sa prison qu'elle est forcée de quitter, & en quittant le sein de la graine, elle s'enfonce dans la terre qui la touche; telle est l'histoire que j'ai cru

pouvoir esquisser, d'après les expériences diverses faites par Malpighi, Ray, Krafft, & Ludwig.

Les expériences de Bohmer établissent mon opinion. Ce botaniste sema des graines de haricots, de lupins, de courges, de manière que leurs cicatricules fussent hors de terre; il arrosa la terre sans mouiller les graines, elles s'humectèrent, devinrent mucilagineuses, & il n'y eut point de germination; tandis que les mêmes graines semées autrement germèrent fort bien. Il faut donc que l'eau pénètre dans la plantule par la cicatricule. On a observé dans la partie supérieure du grain de bled, c'est-à-dire, dans celle qui est à l'air sur l'épi, une espèce de plate-forme criblée de trous, au travers desquels l'eau peut se filtrer.

Les graines dont les enveloppes sont plus dures, comme les noix, confirment cette idée; il n'y a aucune liaison entre la graine & la coque ligneuse; on observe la même chose dans les graines qui ont deux coques: elles ont toutes, non-seulement une ouvérture pour donner passage à l'eau, mais encore une cicatricule; la radicule qui correspond à

ces deux ouvertures en profite pour sortir, quand la graine germe, comme on le voit dans les noix & les amandes.

On avait soupçonné des vaisseaux qui unissaient les deux membranes, on croyait même qu'il y en avait qui conduisaient la matière farineuse au germe; mais les yeux, les verres, dirai-je les injections que j'ai faites ne permettent pas même de les imaginer, & l'on ne peut distinguer que les ramifications des vaisseaux des cotylédons, qui se réunissent pour former un gros vaisseau inséré dans le milieu de la plantule.

Quand les cotylédons sont gonflés par l'eau qu'ils ont aspirée sur la membrane qui les touche, la matière farineuse se dissout peu-à-peu, elle s'élabore & forme ce lait végétal qui se verse dans la radicule; celle ci après avoir reçu cet aliment approprié à son état d'enfance, se développe, gagne la terre où elle trouve de nouveaux sucs qu'elle combine avec l'émulsion préparée dans les cotylédons; ils entrent dans la plumule, ils déterminent son développement, & ils continuent à la nourrir, jusqu'à ce qu'elle ait pris assez de vigueur pour être uniquement

alimentée par les sucs que la terre peut fournir aux racines : alors les cotylédons épuisés périssent ; lorsque la plumule est hors de terre, elle n'a plus besoin de nourrice. Il y a pourtant des cotylédons qui subsistent dans plusieurs espèces de plantes après qu'elles ont paru au grand jour, mais ils continuent sans doute leur office, jusqu'à ce que la plante dont l'enfance est prolongée, soit sevrée parfaitement; aussi ces cotylédons grandissent, verdissent comme les feuilles ordinaires, & ils viennent au secours de celles-ci qui ne sont pas assez fortes ou qui n'agissent pas d'abord assez énergiquement pour fournir à cette jeune plante l'aliment qui lui est nécessaire. Les plantes qui recoivent en terre un grand accroissement avant de se montrer, ont des cotylédons qui périssent, parce qu'ils leur sont devenus inutiles; au lieu que les plantes qui germent à la surface du terrain, & dont le développement de la plantule est moins complet, paraissent avec leurs cotylédons ou leurs feuilles séminales, qui persistent beaucoup plus long-tems.

La matière contenue dans les cotylédons varie suivant les graines, & même dans cha-

que espèce, suivant les tems & les circonstances où elles se trouvent. Pendant que la graine croît, la matière est pultacée, laiteuse; mais elle reprend cette apparence qu'elle avait perdue, lorsque la germination se manifeste.

Toutes les graines sont plus ou moins huileuses & farineuses ; elles offrent toutes les principes d'une émulsion naturelle, & elles peuvent y être ramenées en les combinant avec l'eau. Cette huile sert peut-être à la conservation de la graine, & devient un aliment pour la plantule ; aussi les graines rancies sont perdues, quoique leur huile seule paraisse avoir souffert. Les découvertes que Chaptal & Jameson ont faites sur la matière amilacée, l'huile qu'ils y ont découverte, sa combinaison avec le gaz oxygène confirment complétement ces idées, & montrent d'une manière frappante la nécessité du gaz oxygène pour la germination, comme on peut le voir dans la première partie de cet ouvrage.

Il paraît donc que les cotylédons renferment la nourriture propre au développement de la plantule, soit pour sa qualité, soit pour sa quantité ; cette matière est dissoluble par l'eau, sur-tout quand elle a dissous l'acide car-

bonique ; elle forme alors une émulsion plus ou moins blanche, qui pénétre la radicule, qui la développe, & qui est ensuite poussée de la radicule dans la plumule, pour opérer son développement ; aussi les germes des graines privés de leurs cotylédons, avant la germination, ou même au moment qu'elle se manifeste, périsssent sans retour; mais l'influence des cotylédons sur la plante diminue, à mesure que la germination est plus avancée.

§. V. *Développement de cette théorie.*

J'ai fait voir que l'eau, l'air, la chaleur, la partie farineuse des graines concourent pour leur germination, & l'on sait que la réunion des trois premières substances avec la quatrième, produit dans certains cas la fermentation; je crois aussi qu'on observe cet effet dans cette époque de la vie végétale.

Les graines germantes ont l'odeur des graines qui fermentent; elles en ont le goût: si l'on mâche une féve qui a été dans la terre pendant un seul jour, son suc est amer & astringent; dans le second, ce suc s'adoucit, & il devient ensuite plus doux. Les graines céréales qui sont presque insipides avant la fermentation, prennent peu-à-peu un goût

douceâtre : quand on déchire, pendant les premiers jours, les feuilles séminales de la féve, on leur trouve une matière glutineuse qui disparait ensuite : de même les graines dont la substance est d'abord indissoluble dans l'eau & qui est très-visqueuse, devient laiteuse en fermentant ; elle est formée par l'union de l'amidon avec le gluten. La résine, les huiles, la matière visqueuse disparaissent, dès que la fermentation a fait des progrès. Les plantes qui germent forment par l'union de leur carbone qui s'échappe avec le gaz oxygène de l'air, une grande quantité de gaz acide carbonique, comme les liqueurs qui fermentent. Enfin c'est un fait reconnu que les graines qui germent sont plus disposées à la fermentation que les autres. Dirai-je enfin, que tous les corps fermentescibles contiennent une grande quantité de charbon, que les graines paraissent en contenir plus que les autres parties végétales, ce qui explique pourquoi les graines germantes, comme les corps fermentans ont besoin du contact de l'air, afin de se débarrasser de ce carbone qu'elles contenaient, pour empêcher sans doute leur fermentation. Cela est si vrai que les pois qui

germent dans le gaz azote & dans le gaz hydrogène parfaitement purs, chargent ces deux gaz non-sulement de gaz acide carbonique, mais encore de carbone, comme je l'ai déjà remarqué, & comme on s'en assure encore mieux en mêlant du gaz oxygène avec ces gaz, puisqu'on voit alors se former de l'acide carbonique, mais je donnerai le détail de tous ces faits curieux dans le mémoire que j'ai annoncé.

Les phénomènes de la germination ressemblent, à tous égards, à ceux de la fermentation ; on y voit la matière glutineuse dissoute par les acides végétaux, ou par l'acide carbonique qui est si abondant, comme les expériences chymiques l'apprennent. C'est ainsi sans doute que se forme l'émulsion alimentaire qu'on trouve dans les graines germantes.

S'il n'y a point de germination sans eau, c'est parce qu'il ne saurait y avoir de fermentation sans elle ; mais aussi comme une trop grande quantité d'eau arrête la fermentation, elle arrête aussi la germination & fait pourrir la graine germante.

Il n'y a point de germination sans le concours du gaz oxygène, nécessaire à la production du gaz acide carbonique qui enlève

à la graine le charbon surabondant, combiné dans sa substance ; de même il n'y a ni germination, ni fermentation dans les gaz hydrogène & azote. Les graines qui ne germent point dans l'eau bouillie, dans cette eau chargée d'acide carbonique, germent fort bien dans l'eau chargée d'air commun ou de gaz oxygène. Humboldt les a vu germer de même dans l'eau aiguisée d'acide muriatique oxygéné, quoiqu'elles ne germent point dans l'eau, aiguisée d'acide muriatique, mais il se forme alors de l'acide carbonique.

La chaleur aide la germination comme la fermentation ; l'acide carbonique se dégage sous l'eau & dans l'air, hors des graines qui germent, comme hors des matières qui fermentent. L'eau saturée d'acide carbonique n'a point de saveur sensible, quand sa température est voisine de celle de la glace ; mais si on la tient pendant un quart d'heure exposée à une chaleur de 12 à 13°., on lui retrouve son piquant.

Enfin la couleur des graines qui germent, est la même que celle des graines qui fermentent, & elles la doivent à l'action du gaz oxygène sur elles.

Quoique les sucs végétaux fermentent très-vîte, leur fermentation ne peut-être ni rapide, ni considérable dans les graines, parce que la quantité de la matière fermentescible n'est pas assez grande ; parce qu'elle est renfermée dans des vésicule très-petites où elle se trouve sans communication directe avec le reste; enfin parce que l'eau & l'air n'y arrivent que lentement & à petites doses ; c'est ainsi que le jus du raisin se conserve dans ce fruit, quoiqu'il fermente très-vîte, lorqu'il en est exprimé.

Cette théorie acquiert de la probabilité, si l'on observe que les graines germant dans l'eau ou dans une grande humidité, pourrissent très-vîte, parce que la fermentation est très-promte ; que les plantes étiolées fermentent beaucoup plus-tôt que les autres qui sont plus résineuses, & qui perdent leur couleur en fermentant ; enfin les graines fermentent hors de terre, quand elles sont dans un lieu très-humide, & elles ne fermentent jamais ainsi, sans montrer un commencement de germination.

On a cru que les graines germantes absorbaient l'oxygène, mais quand on a vu l'acide carbonique se former à mesure que le gaz

oxygène de l'atmosphère diminue, & quand on a vu la quantité de l'air renfermé sous des récipiens, diminué de la quantité d'acide carbonique enlevé par le lavage, on ne pouvait imaginer cette absorption; tous les phénomènes que j'ai rapportés montrent plutôt, que le gaz oxygène s'est combiné avec le carbone des graines par le seul contact extérieur. Desaussure le fils démontre ceci dans un mémoire qu'il a lu à la société d'histoire naturelle & de physique de Genève le 2 messidor an VII. Voici son raisonnement. Si la quantité du gaz acide carbonique formé dans cette expérience, est moindre que celle du gaz oxygène disparu; on peut conclure que le gaz oxygène a été absorbé par la plante, et l'autre partie employée à former du gaz acide carbonique avec le carbone de la graine; mais si la quantité du gaz acide carbonique formé est plus grande, que celle qu'on peut espérer du gaz oxygène employé, alors on peut croire que la graine en a fourni. D'un autre côté, si la quantité du gaz oxygène disparu est toujours précisément égale à celle qui entre dans la composition du gaz acide carbonique formé, on peut en conclure que le gaz oxygène n'a point été

absorbé par la graine, mais qu'il a été employé à la formation du gaz acide carbonique avec le carbone de la graine. Ce raisonnement est la base des expériences rigoureuses & variées que Desaussure a faites avec les eudiomètres à gaz nitreux & à phosphore qui donnent une mesure exacte de la diminution de l'air où les plantes ont germé, & de la quantité d'acide carbonique produit; de sorte qu'on peut conclure que le gaz acide carbonique formé, représente avec la plus grande précision, le gaz oxygène qui a disparu.

Le même physicien a pourtant vu que les graines humectées sous le gaz azote, fournissaient hors d'elles, du gaz acide carbonique; je ne puis en douter puisqu'il l'a observé, aussi pour l'expliquer, je ne puis avoir recours qu'au gaz oxygène combiné dans l'eau, & introduit avec elle dans la graine, ou plutôt comme on ne peut plus en douter à la décomposition de l'eau produite par la fermentation; alors on trouve aussi le gaz hydrogène mêlé avec l'azote ou formant avec lui l'ammoniaque, comme l'odeur permet souvent de le soupçonner.

L'émulsion produite dans la graine par l'union de la substance farineuse avec l'eau aiguisée par l'acide carbonique; cette émulsion qui se forme à mesure que le carbone de la graine s'échappe, & qu'une legère fermentation se développe, pénètre la radicule, remplit la plantule & dépose dans ses mailles les élémens nourriciers qu'elle reçoit. Telles étaient à-peu-près mes idées sur ce sujet en 1782, lorsque je les publiais dans mes *mémoires physico-chymiques* tom. III.

L'eau pure ne saurait être la seule cause de l'accroissement de la plantule ; il est produit par la dissolution de cette matière mucoso-sucrée que l'eau acidulée prépare dans les cotylédons de la graine par la fermentation qu'elle y excite, lorsqu'elle est en contact avec l'air. Voilà la source du carbone qui se dépose dans les mailles des réseaux de la plantule, & de celui qui se combine dans les matières fluides & solides qu'elle prépare. La radicule développée unit bientôt à cette émulsion, la séve qu'elle tire de la terre, & fournit ainsi les matériaux du développement de la plantule, qui s'opère précisément dans la

plante embryon, comme dans la plante adulte.

Si la radicule se développe la première, c'est pour développer la plumule : le développement de celle-ci, de ses petits rameaux, de ses petites feuilles, favorise la suction de la radicule, & augmente les alimens qu'elle lui fournit ensuite, pour favoriser davantage son accroissement. La plantule est un être si petit, si tendre, si frêle, qu'il ne permet pas de faire des expériences propres à répandre un plus grand jour sur la germination. Je n'imagine pas pourtant qu'on ait fait encore tout ce qu'il est possible de faire pour pénétrer mieux les secrets de ses opérations.

Quand on considère attentivement la germination, il est aisé de remarquer que l'eau & les élémens de l'acide carbonique y jouent un grand rôle. L'oxygène en se portant sur la fécule, la gomme, ou l'extrait, ou bien l'acide carbonique lui-même en se combinant avec ces matières prêtes à s'assimiler au végétal, développent du sucre dans le mucilage, ou changent en sucre la matière astringente qui laisse une partie de son carbone pour s'unir avec l'hydrogène de l'eau décomposée, for-

mer avec lui de nouvelles huiles, gommes, résines &c., & déposer une partie de son carbone avec la fécule oxygénée, afin de produire la partie solide des végétaux, ou remplir les mailles de leurs fibres.

Fin du troisième Volume.

TABLE

Des chapitres contenus dans le IIIe. volume.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

SECONDE PARTIE.

SECTION PREMIÈRE.

De la physiologie végétale en général.

CHAPITRE I. INTRODUCTION. . . . page. 1
CHAPITRE II. De la physiologie végétale. . . 4

SECTION SECONDE.

Des différentes substances qui paraissent aaoir des rapports directs avec les plantes.

CHAPITRE. I. Introduction. 12
CHAPITRE II. De la terre & des engrais.
§. I De la terre. 14
II. Des engrais. 46
CHAPITRE III. De l'eau.
§. I. Rapports de l'eau avec les plantes. 63
II. L'eau & l'air concourent-ils seuls au développement des plantes ? 71
III. L'eau se décompose-t-elle dans les plantes ? 79
CHAPITRE IV. De la pluie, de la rosée & des brouillards.
§. I. De la pluie. 86
II. De la rosée. 90
III. Des brouillards. 102
CHAPITRE V. De l'air
§. I. Influence générale de l'air sur les végétaux. 104
II. Nature de l'air contenu dans les végétaux. 120

§. III. De la circulation de l'air commun dans les plantes. . . . 130
IV. Sources de l'air trouvé dans les plantes. 143
V. Influence du gaz oxygène sur les végétaux. 145
CHAPITRE VI. Du gaz acide carbonique considéré comme un aliment des végétaux. . 148
CHAPITRE VII. De la lumière.
§. I. Quelques propriétés générales de la lumière. 168
II. Diverses propriétés importantes de la lumière pour la végétation. 173
III. La lumière considérée comme un corps chaud. 175
IV. La lumière concourt pour colorer les végétaux. . . . , . . 176
V. La lumière influe sur la suction & la transpiration des plantes. 179
VI. La lumière considérée comme un stimulant. 179
VII. La lumière est antiseptique. . 180
VIII. Les plantes cherchent la lumière. 181
IX. La lumière tire le gaz oxygène hors des plantes. 184
1. Ce gaz oxygène est produit dans les plantes. 186
2. Précaution pour s'en assurer. 188
3. L'air produit par les feuilles au soleil est meilleur que l'air commun. Son origine. . . 194
4. L'eau n'est pas la source de ce gaz oxygène. 202
5. La feuille seule ne le produit pas. 203
6. Le gaz acide carbonique est la source de ce gaz oxygène. . 203
7. Quelques circonstances particulières de cette recherche. 218
8. Le gaz acide carbonique dissous dans l'eau traverse le pétiole des feuilles. . . . 225

9. Sources du gaz acide carbonique. 227
10. Objection & difficultés contre ma théorie résolues. . . 227
11. Nature & quantité de l'air rendu par les végétaux exposés au soleil. 262
12. Les feuilles rendent-elles sous l'eau au soleil le même air qu'elles y rendent dans notre atmosphère. 266
13. Pourquoi les feuilles ne rendent point de gaz oxygène à l'ombre ? 268
14. Quelques faits particuliers relatifs à l'influence de la lumière sur les plantes. . . 272
15. Rapports de la lumière avec le calorique. 275
16. Moyens de la nature pour purifier l'air atmosphérique. . 277
CHAPITRE VIII. De la chaleur & du froid relativement aux plantes. 282
§. I. Influence de la chaleur & du froid sur les plantes. 285
II. Les végétaux ont-ils une chaleur propre ? 305
III. Comment les végétaux supportent-ils les froids de l'hiver ? . 316
1. La terre peut-elle communiquer de la chaleur aux plantes ? 319
2. Considérations sur la congélation de l'eau. 328
3. L'air enlève aux plantes peu de chaleur. 333
4. La lumière source de chaleur. 334
5. Remarques tirées de la nature des plantes. 339
§. IV. Conséquence de pratique. . . 339
V. Influence générale de la chaleur sur les végétaux. 343
CHAPITRE IX. De l'électricité. 345

SECTION TROISIEME.

Du développement des plantes & de leur accroissement.

PREMIÈRE PARTIE.

De la germination.

CHAPITRE I. Introduction. 354
CHAPITRE II. De la germination. 357
§. I Phénomènes généraux de la germination. 357
§. II. Conditions de la germination relatives aux graines. . . 377
§. III. Circonstances extérieures aux graines relatives à la germination. 381
1. La terre est utile. . . . 381
2. Importance de l'air. La décomposition de l'eau dans la germination prouvée. . 383
3. Nécessité de l'eau dans la germination. 394
4. La chaleur est indispensable. 395
5. La lumière retarde la germination. 396
6. Pourquoi l'on ne dit rien de l'électricité. 399
§. IV. Essai d'une théorie de la germination. 400
§. V. Développement de cette théorie. 407

Fin de la table du troisième Volume.